This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

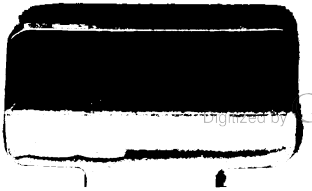
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Digitized by Google

Library
of the
University of Wisconsin



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE SICHERUNGEN

VON

SCHWACH- UND STARKSTROM-ANLAGEN

GEGEN DIE GEFAHREN DER

ATMOSPHÄRISCHEN ELEKTRICITÄT

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE SICHERUNGEN

VON

SCHWACH- UND STARKSTROM-ANLAGEN

GEGEN DIE GEFAHREN DER

ATMOSPHÄRISCHEN ELEKTRICITÄT

VON

Dr. FRIEDRICH NEESEN

PROFESSOR AN DER VER. ARTILLERIE- UND INGENIEUR-SCHULE UND AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN

MIT 126 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN

BRAUNSCHWEIG

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

1899

Digitized by Google

Alle Rechte, namentlich dasjenige der Uebersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Digitized by Google

96740
MAY 29 1906
TRL
·N29

6358352

VORWORT.

Für die Blitzschutzvorrichtungen, welche den besonderen Zweck haben, die elektrischen Leitungen und Anlagen zu schützen, fehlt es bisher vollständig an einer zusammenfassenden Darstellung, obgleich die Gefahren, welchen gerade diese Objecte bei starken Anhäufungen atmosphärischer Elektricität ausgesetzt sind, allgemein anerkannt werden. In den Werken über Telegrapheneinrichtungen und Starkstromanlagen finden sich wohl in besonderen Capiteln solche Blitzschutzvorrichtungen erwähnt, doch immer nur sehr lückenhaft.

Die vorliegende Schrift will diese Lücke ausfüllen. Es werden zu diesem Behufe zunächst die ausserordentlich zahlreichen Vorschläge zusammengestellt und geordnet; eine Kritik wird an dieser Stelle absichtlich nicht ausgeübt. Daher erscheint hier auch Alles dasjenige, welchem an späterer Stelle kein Werth mehr beigelegt wird, und zwar mit Rücksicht auf die Erfahrung, dass manches, welches wir augenblicklich als unzweckmässig, ja vielleicht sehr thöricht erachten, späterhin doch als fruchtbarer Keim erkannt wird.

Da über die Wirksamkeit der Blitzableiter die Erfahrung die beste Lehrmeisterin ist, so würde der Zweck der Schrift verfehlt sein, wenn sich in derselben nicht auch unsere Erfahrungen über Versagen und Wirken von Ableitern, sowie die experimentellen Untersuchungen über diese Schutzvorrichtungen Darstellung gefunden hätten. An der Hand dieser Materialien ist schliesslich der Versuch gemacht, das Brauchbare herauszuschälen.

Der Stoff verlangte eine für den Umfang der Schrift sehr erhebliche Zahl von Abbildungen, welche von der Verlagsbuchhandlung in liberalster Weise und in gewohnter meisterhafter Ausführung geliefert sind.

Berlin, 4. Juni 1899.

F. Neesen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNISS.

Seite

Einleitung 1

Erster Theil.

Schwachstromblitzableiter 5

Erstes Capitel. Schaltvorrichtungen, die nicht selbstthätig, sondern von der Hand in Thätigkeit gesetzt werden 5

Zweites Capitel. Selbstthätige Abschaltung der zu schützenden Apparate 6

a) Schmelzvorrichtungen 6

b) Elektromagnetische Unterbrechung 11

c) Elektrostatische Unterbrechung 13

Drittes Capitel. Blitzschutzvorrichtungen, die einen Nebenschluss zur Erde mit Unterbrechungsstelle enthalten 15

a) Spitzenblitzableiter und Schneidenblitzableiter 16

b) Plattenblitzableiter 21

c) Blitzableiter mit Funkenstrecken in luftverdünnten Räumen . . . 38

d) Blitzableiter mit Ueberbrückung der Unterbrechungsstelle durch Widerstände 38

Viertes Capitel. Zusammenstellung der an besonderen Stellen benutzten Ableiter 39

Zweiter Theil.

Fünftes Capitel. Einrichtungen zur Verstärkung der Wirkung des Blitzableiters durch Selbstinduction 41

Dritter Theil.

Starkstromblitzableiter 45

Sechstes Capitel. Einrichtungen mit Nebenschliessung von sehr hohem Widerstande 46

Siebentes Capitel. Einrichtungen, beruhend auf Umgebung der Funkenstrecke mit einem isolirenden Medium von besonderer Art 48

Achtes Capitel. Benutzung von elektromotorischen Gegenkräften, um die Starkstrommaschine zu schützen und den Kurzschluss zu vermeiden 49

Neuntes Capitel. Vermeidung des Kurzschlussfunkens durch Untertheilung 50

Zehntes Capitel. Directes mechanisches Abreissen des Kurzschlussfunkens 53

Elftes Capitel. Auslöschung des Kurschlussfunkens durch mechanische Wirkung mit Hülfe von Elektromagneten 54

Digitized by Google

Seite

Zwölftes Capitel. Einrichtungen zum Abreissen des Funkens, beruhend auf der Wärmewirkung auf feste und flüssige Körper und auf Explosion 61

Dreizehntes Capitel. Anrichtungen, beruhend auf Luftzug in Folge der Erwärmung der Luft durch Funken 66

Vierzehntes Capitel. Einrichtungen zum Auslöschen des Funkens, beruhend auf directer Wirkung des Magneten auf den letzteren . . . 69

Fünfzehntes Capitel. Einrichtungen, beruhend auf elektrodynamischer Einwirkung auf den Funken 72

Vierter Theil.

Beschädigungen durch den Blitzschlag 73

Sechzehntes Capitel. Leitungen und Schwachstromanlagen 73

Siebenzehntes Capitel. Starkstromanlagen 77

Fünfter Theil.

Erfahrungen über das Verhalten der Blitzableiter bei atmosphärischen Entladungen 81

Achtzehntes Capitel. Schwachstromanlagen 81

Neunzehntes Capitel. Starkstromanlagen 82

Sechster Theil.

Experimentelle Versuche mit Blitzableitern 84

Zwanzigstes Capitel. Versuche allgemeinerer Art und solche mit Schwachstromblitzableitern 84

Einundzwanzigstes Capitel. Versuche mit Vorrichtungen für Starkstromschutz 99

Siebenter Theil.

Abwägung der einzelnen Vorschläge für Blitzableiteranordnungen 102

Zweiundzwanzigstes Capitel. Die Einrichtungen zum Schutze der Linien 104

Dreiundzwanzigstes Capitel. Die Einrichtungen für Schwachstromanlagen 108

Vierundzwanzigstes Capitel. Die Einrichtungen für Starkstromanlagen . 112

Digitized by Google

EINLEITUNG.

Zum Schutze der Linien elektrischer Schwach- und Starkstromleitungen gegen die Einflüsse der atmosphärischen Elektricität ist eine ausserordentlich grosse Zahl von Anordnungen angegeben worden; die Verluste an Leben und Gut, welche jahraus jahrein durch solche Einflüsse verursacht werden, mussten ja auch den menschlichen Erfindungsgeist dazu reizen, dem Beispiele Franklin's folgend, für diese besonderen und besonders gefährdeten Stellen ebenfalls einen sicheren Schirm zu finden. Nach den verschiedensten Richtungen hin hat man dabei ausgeschaut. Viel Unverständiges ist geliefert worden; doch haben genaues Verständniss der praktischen Erfahrungen an Blitzschlägen und der bei diesen Einflüssen in Betracht zu ziehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Schutzanordnungen geführt, die, wenn auch nicht vollständig sicher, so doch mit einem sehr grossen Grade von Wahrscheinlichkeit unliebsame Störungen abhalten können.

Zur Beurtheilung dieser Blitzableiter kommt es nicht darauf an, zu wissen, wie die grossen elektrischen Spannungen, welche sich im Blitze ausgleichen, zu Stande kommen, sondern nur darauf, in welcher Weise die Entladung derselben erfolgt. Es hat daher keinen Zweck, auf die verschiedenen Hypothesen über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität einzugehen. Was den Blitzschlag selbst betrifft, so können wir denselben stets auffassen als Entladung eines Condensators, dessen eine Belegung eine Wolkenschicht, dessen andere Belegung entweder eine zweite Wolkenschicht, oder Theile des Erdbodens sind. Ein Blitzableiter soll die schädlichen Wirkungen dieser Entladung verhindern, er muss also die Art dieser Entladung berücksichtigen. Condensatorentladungen können nun in einem einzigen Schlage, oder in mehreren, oder schliesslich in Schwingungen erfolgen, je nach dem Widerstande des ausser der Luftstrecke vorhandenen Entladungsweges. Die Schwingungen treten nur bei kurzen metallischen Schliessungsbögen auf. Es ist vielfach behauptet worden, dass auch beim Blitzschlag solche Schwingungen eintreten müssen, dass wir namentlich in ihm eine hin- und hergehende Entladung zwischen Wolke und Erde vor uns haben. Der Beweis hierfür wird darin gesucht, dass auf Blitzphotographien mehrere Blitzbahnen neben einander zu sehen sind. Diese Bilder bilden indessen in Wirklichkeit gar keinen Beweis; dieselben zeigen nur, dass Blitzschläge nach einander erfolgt sind, ohne dass deswegen

Digitized by Google

Schwingungen eintreten mussten. — Was wir von Condensatorentladungen wissen, spricht entschieden gegen Schwingungen des eigentlichen Blitzfunkens. Die Wolken, welche den einen Theil der Ladung halten, bilden doch sicher nicht kurze metallische Schliessungsbögen, ebensowenig die Erde. Hat man aber mit Wasserwiderständen in dem Entladungskreise zu thun, so erfolgt nach Theorie und Versuch die Entladung stets in einem oder mehreren kurz auf einander folgenden Schlägen ohne Schwingung. Ist hiernach wohl die Auffassung des eigentlichen Blitzschlages zwischen Wolke und Erde als hin- und hergehende Entladung zurückzuweisen, so muss doch zugegeben werden, dass auf der Leitung, an welche der Blitzableiter angelegt ist, oder dem Material desselben selbst elektrische Schwingungen erfolgen können, namentlich sobald eine Stauung des Abflusses der Elektricität, etwa in Folge von Unterbrechungen, eintritt. Die ganze Leitung wird von der Wolkenelektricität geladen; die eine Art von Elektricität gleicht sich mit der Wolkenelektricität aus, die andere soll durch den Blitzableiter schadlos abgeführt werden. Für diese letztere kann nun sehr wohl ein Schwingungszustand eintreten.

Steinmetz hat (El. Ztschr. **19**, 702) die Periodenzahl für diese Schwingungen unter vereinfachenden Voraussetzungen berechnet. Für eine Leitung von 10 bezw. 150 km ergaben sich 7500 bezw. 500 Schwingungen in der Secunde.

Indessen hat für die Construction der eigentlichen Blitzableiter die Entscheidung dieser Frage keine hervorragende Bedeutung, da in beiden Fällen — ob nun schwingende Bewegung oder nur eine einmalige oder mehrere auf einander folgende Stossbewegungen auf dem Leiter stattfinden — als das wesentliche Moment zu beachten ist, dass für den Widerstand, welchen der Blitzableiter dem gefahrlosen Abströmen der elektrischen Ladung entgegensetzt, nicht der Ohm'sche, sondern der inductive Widerstand zu rechnen ist. — Selbstinduction und Capacität der Leiter, aus welchem die Blitzschutzvorrichtung besteht, sind die Hauptfactoren. Nur für die Dimensionirungen der Zuleitung, welche für die vorliegende Zusammenstellung eine untergeordnete Rolle spielt, ist es von Bedeutung, ob das Abströmen der Ladungen nur an der Oberfläche, wie bei raschen elektrischen Schwingungen oder durch den ganzen Querschnitt erfolgt.

Der Schutz, welchen der Blitzableiter gewähren soll, erstreckt sich nicht allein auf den Fall, wo von der Wolke zur Erde eine wirkliche Entladung in Form eines Blitzes erfolgt. Auch ohne eine solche kann die atmosphärische Elektricität schadenbringend wirken, z. B. wenn eine Wolke, ohne sich zu entladen, in der Nähe einer Leitungsanlage vorbeigeht oder wenn eine Leitung von Thal zu Berg verläuft, also zwischen Orten, wo schon die Spannung der normalen Elektricität beträchtliche Unterschiede zeigt. Im ersteren Falle werden durch Influenz in den Leitern Störungen des elektrischen Gleichgewichtes her-

Digitized by Google

vorgerufen; im letzteren Falle wird durch die guten Leiter ein Ausgleich des Spannungsunterschiedes vermittelt. Namentlich im Telegraphenbetriebe können hierdurch, abgesehen von den Störungen des Betriebes, Beschädigungen der empfindlichen Apparate hervorgerufen werden.

Die Blitzableiter für Stark- und Schwachstromleitungen haben gegenüber den gewöhnlichen Gebäudeblitzableitern die Besonderheit, dass durch den Blitzableiter keine directe Nebenverbindung der Leitungen mit der Erde hergestellt werden darf, oder wenigstens nur über so grosse Widerstände, dass kein nennenswerther Betrag des Nutzstromes verloren geht. Man benutzt daher hier im Allgemeinen den Umstand, dass es für das Abfliessen der Blitzentladung nicht auf den Ohm'schen Widerstand ankommt, dass also eine Unterbrechungsstelle eingeschaltet werden kann, die von dem enormen Spannungsunterschiede im Blitzschlage mit Leichtigkeit übersprungen wird, während sie dem Schwachstrome sowohl wie dem Starkstrome eine Schranke entgegensetzt. Indessen ist dabei zu beachten, dass gerade wie der Coherer einmal von den elektrischen Schwingungen beeinflusst, den Stromdurchgang, den er vorher nicht zuliess, dauernd gestattet, in gleicher Weise unter starker Spannung stehende Ströme den Weg, welcher ihnen durch eine stärkere Spannung auf einer Unterbrechungsstelle einmal gebahnt ist, dauernd verfolgen können. Daher sind die Blitzableiter für Starkströme der Art, dass entweder die Unterbrechungsstelle zu gross ist, als dass dieser letzte Umstand, welcher einen Kurzschluss des Nutzstromes bedeuten würde, eintreten könnte, oder so, dass der eingetretene Kurzschluss durch besondere Mittel wieder aufgehoben wird. Es haben somit die Starkstromblitzableiter ein Mehr zu leisten, wie die Schwachstromableiter, so dass es angezeigt erscheint, zunächst die Blitzableiter für Schwachströme, und dann die für Starkströme darzustellen. Zwischen diesen beiden Abschnitten wird ein Abschnitt eingeschaltet, der die Anordnungen enthält, welche die Wirksamkeit der Ableiter durch ausgiebige Benutzung der Selbstinduction zu vermehren suchen. Im Allgemeinen wird man bei der Hauptclasse der Schwachströme, den Telegraphirströmen, die Selbstinduction nicht gern erhöhen, so dass diese Mittel mehr bei den Starkstromleitungen verwandt werden sollten. Indessen ist ihre Benutzung für Schwachstromleitung nicht ausgeschlossen, und daher findet dieser Abschnitt gerade zwischen Schwach- und Starkstromleitungen seine Stelle. Um Unterlagen für die Würdigung der verschiedenen Constructionen zu gewinnen, sollen demnächst Angaben über Beschädigungen von Leitungen, Apparaten und Blitzableitern durch Blitzschlag mit Einschluss der in der Praxis gewonnenen Erfahrungen über die Wirksamkeit von Blitzableitern folgen. Weiteren Anhalt bieten dann eine Zahl bemerkenswerther experimenteller Untersuchungen über Blitzableiter.

Digitized by Google

Auf Grund dieses Materiales können die einzelnen Constructionsarten auf ihre Zweckmässigkeit geprüft, und Vorschläge für die zweckmässigste Art der Ableiter gemacht werden.

Die Anordnung der Blitzableiter für Gebäude liegt nicht in dem Rahmen dieses Buches. Dem entsprechend werden auch Erfahrungen über Blitzschläge in Gebäude, sowie Versuche, welche sich auf solche Blitzableiter erstrecken, nicht erwähnt.

Die Abkürzungen der Literaturangaben haben folgende Bedeutung:

Ann. tél. = Annales télégraphiques. Paris.

Arch. P. Tel. = Archiv für Post und Telegraphie. Berlin.

Blavier = Blavier, Nouveau traité de télégraphie électrique, 2. Bd. Paris.

C. R. = Comptes rendus de l'académie française. Paris.

D. R.-P. = Deutsches Reichs-Patent.

Ecl. él. = Eclairage électrique. Paris.

El. New-York = The electrical engineer. New-York.

El. Rev. = Electrical Review. New-York.

El. W. = Electrical World. New-York.

Elcté. = L'électricité. Paris.

El. Ztschr. = Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin.

F. E. = Fortschritte der Elektrotechnik. Herausgegeben von Grawinkel und Strecker. Berlin.

Lodge = Lodge, Lightning Conductors and Lightning Guards. London.

Lum. él. = La lumière électrique. Paris.

Montillot = Montillot, Téléphonie pratique. Paris 1898.

Preece = H. Preece et J. Mayer, Le télephon traduit par Floren. Paris 1891.

Reichspostmuseum = Sammlung von Apparaten in dem in Berlin befindlichen Reichspostmuseum.

Reichstelverw. = Beschreibung der in der Reichstelegraphenverwaltung gebräuchlichen Apparate. Berlin 1888, 2. Aufl.

Schaffner = Schaffner, Telegraph Manual. New-York 1859.

Schweiz. Pat. = Schweizerische Patentschrift.

Tel. J. = The Telegraph Journal and Electrical Review. London.

Urban. = Urbanitzky, Blitzschutzvorrichtungen. Wien.

U. S. P. = United States Patent.

Western El. = Western Electrical. Chicago.

Ztschr. El. Wien = Zeitschrift für Elektrotechnik. Wien.

Zetzsche = Zetzsche, Handbuch der Telegraphie.

Nach dem Titel kommt die Bandzahl oder Jahreszahl in fetten Ziffern, darauf die Seitenzahl.

Digitized by Google

Erster Theil.

Schwachstromblitzableiter.

Es lassen sich die vielen Vorschläge der leichteren Uebersicht halber in folgende Classen eintheilen:

1. Blitzschutzvorrichtungen, beruhend auf der durch Beamte zu bewirkenden Einschaltung eines schützenden directen Nebenschlusses zur Erde.
2. Blitzschutzvorrichtungen, bei welchen selbstthätig durch zu starke Entladungen die zu schützenden Leiter abgeschaltet werden, und zwar
   a) durch Benutzung der Wärmewirkung der Entladung,
   b) durch elektromagnetische Wirkung,
   c) durch elektrostatische Wirkung.
3. Blitzschutzvorrichtungen, die einen Nebenschluss zur Erde mit Unterbrechungsstelle enthalten, und zwar
   a) Spitzenblitzableiter und Schneidenblitzableiter,
   b) Plattenblitzableiter,
   c) Blitzableiter mit Funkenstrecken in luftverdünnten Räumen,
   d) Blitzableiter mit Ueberbrückung der Unterbrechungsstelle durch Widerstände.
4. Zusammenstellung der Ableiter an besonderen Stellen.

Viele Ableiter enthalten mehrere dieser Einrichtungen neben einander. Dieselben werden in der Regel bei der letzten Classe aufgeführt zu welcher die Einrichtungen desselben gehören.

Erstes Capitel.

Schaltvorrichtungen, die nicht selbstthätig, sondern von der Hand in Thätigkeit gesetzt werden.

Die Vorrichtungen dieser Art sind wenig zahlreich, naturgemäss weisen sie alle ziemlich dieselben Merkmale auf.

1. Nach Czeija und Nissl (Ztschr. El. Wien **1889**, 124; F. El, **1889**, 749) ist, wie bei einer älteren Einrichtung Ahearn's (sh. Nr. 25),

Digitized by Google

jede der in ein Telephonamt mündenden Telephonleitungen mit einer Feder verbunden, die alle gegen eine an die Erde gelegte Messingwalze drücken unter Einschaltung eines isolirenden Stückes Seidenzeug. Dreht man die Walze, so kommen die Federn auf die Walze zu liegen, und bewirken den directen Erdschluss der Linie vor den zu schützenden Apparaten. Beim Herannahen eines Gewitters ist diese Drehung von einem Beamten zu bewerkstelligen.

2. Eine ganz gleiche Anordnung schlägt Engelmann (El. Ztschr. 15, 422) in Verbindung mit einer Anordnung von Plattenblitzableitern vor. Ausserdem sind meist an allen folgenden zu beschreibenden Blitzableitern einfache Umschaltvorrichtungen (Stöpsel u. s. f.) vorhanden, welche gestatten, die Leitung bei Gewitter direct an die Erdcontacte zu legen. — Hierzu gehören weiter die Anordnungen, bei welchen Condensatoren abwechselnd mit der Linie und der Erde verbunden werden, wie

3. Wurts (U. S. P. Nr. 494186). Um die Linie zu entladen, wird dieselbe durch eine rotirende Vorrichtung, abwechselnd mit den Belegungen von drei Condensatoren verbunden, die dann sofort durch einen zweiten rotirenden Arm entladen werden.

Zweites Capitel.

Selbstthätige Abschaltung der zu schützenden Apparate.

a) Schmelzvorrichtungen.

Schon bei den ersten Blitzschutzvorrichtungen für Telegraphenleitungen waren dünne Drähte in die Leitung eingeschaltet, deren Schmelzung bei Durchgang der atmosphärischen Elektricitätsentladung die zu schützenden Apparate von der Linienleitung trennt, so bei dem Blitzableiter Bréguet (Lum. El. 35, 364) und Reid 1846 (Schaffner 569), ferner von Fardley 1847 (Schaffner 575).

4. Bei Reid tauchen in die Leitung eingeschaltete dünne Drähte in angesäuertes Wasser. Zu starke Entladungen bringen den Draht zum Schmelzen; danach soll das angesäuerte Wasser explosionsartig zersetzt und hierdurch die Energie des Blitzschlages zerstört werden.

5. Fardley brachte in die fortlaufende Linienleitung an dem Orte, wo der Strom in eine Station eingeführt werden sollte, eine Unterbrechung von $^1/_{15}$ Zoll an und führte von beiden Seiten dieser Unterbrechung 20 Fuss lange dünne Drähte nach den Signalapparaten. Der Blitzschlag sollte zum grössten Theil unter Ueberspringung der Unterbrechungsstelle auf der Leitung sich ausgleichen; was noch übrig blieb,

Digitized by Google

schmolz die dünnen Drähte und schaltete so die zu schützenden Apparate aus. — Es werden dünne Schmelzdrähte auch jetzt noch vielfach zum Blitzschutz angewandt; allerdings meistens in Verbindung mit anderen Schutzvorrichtungen. Das Material und die Form der Drähte ist mannigfaltig, in dem späteren Abschnitte über die Versuche mit Schmelzdrähten wird näher darauf eingegangen werden. Die gewöhnlichen in der Starkstromtechnik verwandten Schmelzsicherungen, wie Bleistreifen, gehören gleichfalls an diese Stelle.

6. Die Schmelzdrähte in den Telephonvermittelungsämtern der Reichspostverwaltung sind vielfach aussgespannt zwischen Klemmen, die an einem für viele Leitungen gemeinschaftlichen Marmorblock sitzen, und etwas tiefer seitlich versetzten Klemmen. Die Drähte erhalten eine Führung durch in den Marmor eingefügte Rinnen (Reichspostmuseum).

7. Andererseits befinden sie sich auch wohl bei Vermittelungsämtern in kleinen Glaspatronen, um Beschädigungen durch die abschmelzenden Theile zu verhindern (Reichspostmuseum), auch bei Ableitern der französischen Bahnen (Urban. 1214).

8. An Stelle von Drähten lässt sich mit Vortheil dünne Metallfolie benutzen. Eine solche Anordnung hat sich bei der Stuttgarter Telegraphenanlage bewährt (E. Ztschr. **16**, 344). Auf einem gemeinschaftlichen, 80 cm langen Grundbrette *G* (Fig. 1 und 2) sitzen die für 40 Leitungen bestimmten 40 Paare von Neusilberfedern $f_1 f_2$. Zwischen jedes Paar wird der Holzkeil *K* gepresst, um den ein Streifen *S* aus Goldbronzepapier mit 2 bis 3 Ω Widerstand gelegt ist. Unterhalb der etwas verlängerten Federn f_2 liegt eine mit der Erde verbundene Schiene *E*. Die Auswechselung eines verletzten Keiles ist ersichtlich sehr leicht.

Fig. 1.

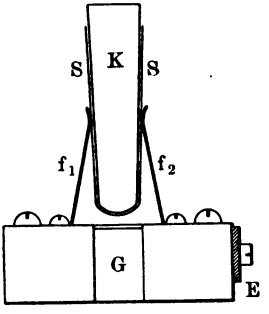
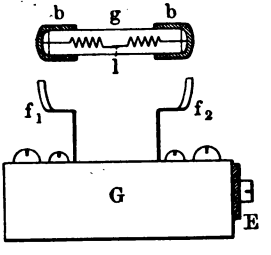


Fig. 2.



9. Hodger (Lum. él. **1**, 270; F. E. 8, 596) schlägt an Stelle des Schmelzdrahtes dünnes Kupferband vor, „um die Energie des Blitzschlages in dem Verdampfen desselben zu verzehren"!

10. Leicht flüssiges Loth wird u. A. von Bose benutzt (E. Ztschr. **16**, 344). An Stelle des unter 8. erwähnten Holzkeiles ist eine Patrone, bestehend aus einer Glasröhre *g* (Fig. 2) mit metallenen Kappen *b* zwischen die Feder f_1 und f_2 geklemmt. In dieser Patrone befinden

Digitized by Google

sich zwei etwas gespannte Spiralfedern aus Constantandraht. Dieselben sind bei *l* durch ein leicht flüssiges Loth verbunden. Ein Strom von 0,15 *A* bringt die Löthstelle *l* in fünf Minuten zur Schmelzung, bezw. von 0,2 *A* in drei Minuten. Vergrösserung der Windungszahl der Spiralfedern erhöhte die Empfindlichkeit. Nach Schmelzung des Lothes federn die Federn aus einander. Fig. 3 zeigt die Anordnung, nach

Fig. 3.

welcher solche Ableiter von der Firma Siemens u. Halske zusammengestellt werden.

11. Die von Marx (D. R.-P. Nr. 58701) vorgeschlagene Schmelzvorrichtung besteht aus einer mit einem Gemenge von Graphit und Paraffin gefüllten Röhre. — Wird der durchgehende Strom zu stark, so schmilzt das Paraffin und unterbricht hierdurch den Stromkreis. — Aehnliches hat Waldstein (D. R.-P. Nr. 77007).

12. Wotton (El. London 33, 149; F. E. 8, 263) hat folgende Anordnung:

In die Telegraphenleitung ist ein kurzer Graphitcylinder eingeschaltet, auf dessen Enden sich Metallkappen mit den Zuführungsdrähten befinden. Unter den Metallkappen liegt Knallquecksilber, das bei zu starkem Strome explodirt und so den Strom unterbricht.

13. Aehnliches bei F. W. Wheatley (U. S. P. Nr. 497649).

Durch Explosion in Folge des Blitzes wird ein Hebel, der mit der Linie in Verbindung steht, von dem zweiten Liniencontact abgehoben und mit der Erde verbunden, in dieser Stellung durch Sperrhaken festgehalten.

14. Eine doppelte Wirksamkeit hat auch die Schmelzdrahtvorrichtung nach Wilson (U. S. P. Nr. 399305), bei welcher zwei Fäden durch

Digitized by Google

einen Schmelzdraht von einer Erdplatte abgehalten werden. Die Schmelzung bewirkt hier Unterbrechungen der Verbindung mit der Leitung und Herstellung eines Erdschlusses für letztere.

15. Während bei den vorher genannten Ableitern der Leitungskörper selbst schmilzt, wird die Erwärmung des Leiters bei Hamond (U. S. P. Nr. 441066) benutzt, um durch die Schmelzung eines nicht in der Leitung liegenden Körpers die Abschaltung der Apparate von der Leitung zu bewirken. — Es befindet sich dazu (Fig. 4 und 5) in einem Metallrade *d*, welches mittelst eines Ansatzes 4 in einem Halter *a* gelagert ist, eine Spule d_1 aus sehr feinem Drahte; das eine Ende ist mit *d* und dem entsprechend mit *a* und dem Drahte 1 verbunden, das andere an eine Metallschale d_2 bei 7 angelöthet. d_2 wird über das Rad *d* geschoben und ist von demselben durch einen in die Rinne *r* eingelegten Kautschukring getrennt. Gegen d_2 drückt die gekrümmte Flachfeder *b*, von der eine Leitung 2 weiter geht. Das Rad *d* mit dem Ansatze 4 hat in der Mitte eine kleine Durchbohrung 8, zum Einstecken eines Hartgummistiftes *s* bestimmt. Letzterer wird durch leichtflüssiges Material, welches in dem etwas erweiterten Theile der Durchbohrung 8 in Mitte von *d* um *s* gegossen wird, festgehalten. — Gegen Stift *s* drückt eine mit der Erde oder einem Nebenschluss verbundene Feder *c*. Die zu schützenden Apparate liegen in der Leitung 2. Der Strom kommt von 1. Wird nun die Stärke des Stromes zu gross, so erhitzt sich der Draht in der Spule *d*; dadurch wird das *s* umgebende leichtflüssige Material geschmolzen, so dass Feder *c* den Stift 3 herausdrückt und selbst mit 4 in Berührung tritt. Dann findet der Linienstrom eine Ableitung über 1 *a*, 4, *c* Erde. Die Patentbeschreibung zeigt verschiedene Aenderungen in der Anordnung. Das Wesentliche ist bei allen die dünndrähtige Spule, durch deren Erwärmung leicht schmelzbares Material geschmolzen wird, worauf sich durch Vordringen eines Stiftes oder Rückschnellen einer Feder Erdschluss herstellt.

Fig. 4.

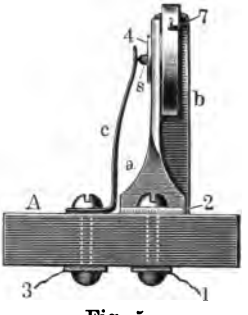
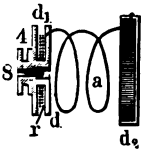


Fig. 5.



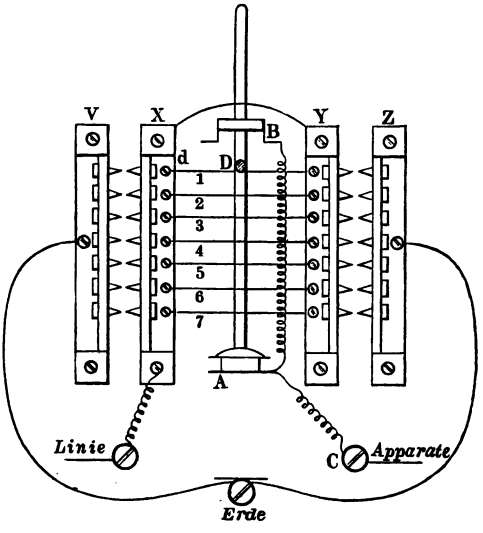
Die im Vorstehenden angegebenen Schmelzvorrichtungen haben den Uebelstand, dass, falls sie in Thätigkeit getreten sind, die Leitung dauernd von den Apparaten abgeschaltet ist.

16. Um das zu vermeiden, sind bei dem Ableiter von Ch. Bright (Fig. 6 a. f. S.) (Schellen 1133) mehrere Abschmelzdrähte parallel unter einander ausgespannt und mit der Linie verbunden. Ein mit dem Apparate verbundener Stab *D* ruht auf dem obersten Drahte. Schmilzt dieser durch, so fällt er auf den zweiten u. s. f., bis schliesslich der Stab beim

Digitized by Google

Durchschmelzen des letzten Drahtes auf einen Erdcontact fällt und so den Apparat an Erde legt, während die Linie unterbrochen ist.

Fig. 6.



Gleichzeitig ist ein Spitzenblitzableiter mit der Ableitung verbunden.

17. Aehnlich sind bei einem französischen Blitzableiter (Lum. él. 27) dünne Platindrähte unter einander, wie die Sprossen einer Leiter, ausgespannt; die einen Enden aller Drähte stehen mit den Apparaten in Verbindung. Die Linienleitung liegt an einem Hebel, welcher auf dem obersten Platindrahte ruht. Beim Durchschmelzen dieses fällt der Hebel auf den nächsten Draht, der nun die Verbindung zwischen Leitung und Apparat herstellt.

18. Durch eine etwas andere Construction sucht Freeman (U. S. P. Nr. 458 656) dasselbe zu erreichen. Zwischen den beiden Seitenwänden eines Cylinders sind Schmelzdrähte ausgespannt. Eine Feder sucht den Cylinder zu drehen; indessen wird derselbe durch den Anschlag eines der Schmelzdrähte gegen einen Stift gehalten. — Die Seitenwand, an welche der Liniendraht geführt wird, ist in mehrere Stücke getheilt; nach einem Stück, welches mit einem Schmelzdraht in Verbindung steht, kommt immer ein Stück, welches Verbindung mit einem Elektromagneten im Inneren des Cylinders hat, der andererseits zur Erde abgeleitet ist. Schmilzt somit bei zu starkem Strome ein Draht durch, so dreht sich der Cylinder, dabei kommt die Zuleitung von der Linie auf ein mit dem Elektromagneten verbundenes Stück der Seitenwand zu liegen. Der abnorm starke Strom fliesst durch den Elektromagneten, dessen Anker nun die Weiterdrehung des Cylinders hemmt, bis der Strom seine Stärke verloren hat. Es kann daher ein neuer Schmelzdraht nicht eher eingeführt werden, als bis der starke Strom verschwunden ist.

19. Zu gleichem Zwecke ordnet van Nuis (U. S. P. Nr. 478383) mehrere Schmelzdrähte an Haltern über einander in einem Gefässe an. Der innerste ruht mit seinen Enden auf dem Linien- und Erdcontact. Ist dieser Draht geschmolzen, so sinkt durch eigene Schwere ein anderer

Digitized by Google

an seine Stelle. Aehnliches hat auch F. L. Carleton (U. S. P. Nr. 563257).

20. Wieder eine andere Ausführung wählen P. Mannsfield und C. W. Wason (U. S. P. Nr. 455223). In einem Gehäuse ist eine Messingstange mit mehreren verschieden langen Armen befestigt. Vor den einzelnen Armen stehen andere Messingplatten, so dass zwei benachbarte Platten einen Plattenblitzableiter bilden. Von diesen zweiten Platten gehen Schmelzdrähte aus. Ein mit der Leitung verbundener Hebel ruht auf dem obersten Schmelzdraht. Ist dieser durchgeschmolzen, fällt der Hebel auf den zweiten Draht u. s. f.

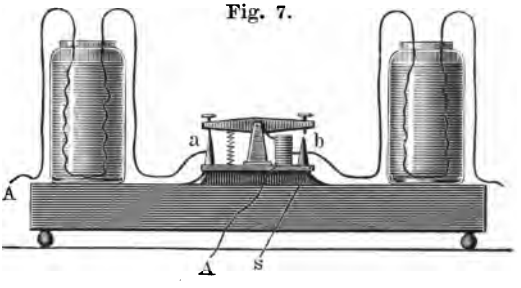
b) Elektromagnetische Unterbrechung.

Ungleich zahlreicher wie die zu vorigem Abschnitte gehörigen Vorschläge sind die aus dieser Classe.

Der Grundgedanke ist immer der, dass ein in die Leitung eingeschalteter Elektromagnet bei dem Nutzstrome von zulässiger Stärke nicht wirksam wird, indessen bei zu starkem Strome seinen Anker bewegt und dadurch die Verbindung der Leitung mit den zu schützenden Apparaten unterbricht und etwa gleichzeitig die Leitung an Erde legt. — Hört der Strom auf, so stellt sich die normale Verbindung her.

21. Der älteste Apparat dieser Gattung ist der von Reid aus dem Jahre 1846 (Schaffner, 567), der in seiner Zusammenschaltung mit zwei Schmelzschutzdrähten in Fig. 7 dargestellt ist.

Fig. 7.



Die Säule *s* ist mit der Erde verbunden. Bei zu starkem Strome löst der Elektromagnet die Verbindung *a* und stellt die Erdverbindung *b* her. Die Leitung kommt von *A*. Das angesäuerte Wasser, in welchem die Schmelzdrähte liegen, sollte dazu dienen, nach Schmelzung der Drähte den Durchgang durch das Wasser aufrecht zu halten. Aehnliches hat Depuy (El. World **11**, 175), ferner Crandall (El. Rev. New-York **15**, Nr. 17; F. E. **1889**, 756), G. P. Johnson (U. S. P. Nr. 570406).

22. Ferner Easton (U. S. P. Nr. 449903; F. E. **1891**, 403), der durch ein Solenoid einen Eisenkern anziehen und dadurch die Leitung unterbrechen lässt.

23. Ebenso enthält der Apparat Rich (Lum. él. **38**, 473) wie Reid eine Verbindung von Schmelzdrähten mit einem Elektromagneten, der bei zu starkem Strome die zu schützenden Apparate ausschaltet und die Leitung an Erde legt.

Digitized by Google

24. Beim Apparat Spittle (U. S. P. Nr. 467023) tritt zu diesem Elektromagnet noch ein zweiter hinzu, dessen Polschuh der Unterbrechungsstelle gegenüber liegt, die durch den ersten Magnet gebildet ist. — Es soll so durch magnetische Wirkung der Kurzschlussfunke gelöscht werden.

25. Es wird bei mehreren Leitungen vortheilhaft sein, alle Leitungen an Erde zu legen, wenn in einer derselben ein Gefahr bringender Strom bemerkbar wird. Zu diesem Zwecke hat Ahearn (U. S. P. Nr. 252859) einen Ableiter angegeben, bei welchem an die einzelnen Leitungen Federn angeschlossen sind, die auf dem isolirenden Theile einer Walze aufruhen. Ein Metallstreifen auf dieser Walze steht mit der Erde in Verbindung. Jede Leitung enthält ein Relais, welches bei zu starkem Strome einen allen Relais gemeinschaftlichen Localstromkreis schliesst, in den ein Elektromagnet geschaltet ist. Durch Anziehen eines Ankers dreht letzterer die Walze, so dass alle Federn auf die mit der Erde verbundene Schiene zu liegen kommen. Bei herannahendem Gewitter wird die Walze mit der Hand gedreht und werden so alle Leitungen an Erde gelegt. Durch diese Einrichtung von Ahearn ist also die unter 1. angegebene vorweggenommen.

26. Eine Vervielfältigung der elektromagnetischen Schutzvorrichtung liegt in dem Ableiter Sanford (Lum. él. 38, 473) vor, bei welchem drei Elektromagnete mit je einem Anker in die Leitung geschaltet sind, die in Folge ihrer Bewickelung mit verschiedenen langen und starken Drähten bei verschiedenen Stromstärken in Thätigkeit treten. Bei geringer, aber schon schädlicher Stromstärke wird durch den einen Elektromagneten ein Erdschluss vor den Telephonapparaten hergestellt; bei stärkerem, bis 4 Amp., Strome wirkt der zweite Elektromagnet und legt die Leitung vor dem ersten Elektromagneten und dem Telephonapparate an Erde; bei noch stärkerem Strome, bis 20 Amp., stellt der dritte Elektromagnet Erdverbindung vor dem ersten und zweiten und dem Telephonapparate her. Uebersteigt der Strom 20 Amp., so erfolgt der Nebenschluss durch die drei Elektromagnete zugleich so rasch, dass eine Störung der Station ausgeschlossen sein soll. Es sind die drei Elektromagnete in genannter Weise angeordnet, damit nicht durch zu starke Entladung eine Zerstörung derselben eintritt; deshalb wird der empfindlichere Magnet von dem weniger empfindlichen aber auch weniger leicht zu beschädigenden ausgeschaltet.

27. Eine etwas verwickelte Anordnung zeigt der Ableiter Belt (Tel. J. 18, 463). Bei demselben sind zwei dicht gegenüberstehende Elektromagnete auf federnden Armen angebracht. — An den Enden dieser Arme finden sich Contactstifte, zwischen denen ein mit der Erde verbundener Contactstab liegt. Von der Linie führt die Leitung zu dem einen federnden Arme, den Windungen des einen Elektromagneten, den zu schützenden Apparaten, zurück zu dem zweiten Elektromagneten, dann zu dem anderen federnden Arme und wieder

Digitized by Google

zur Linie. Die Windungen bestehen aus dickem Drahte. Eine Blitzentladung soll die Elektromagnete erregen, so dass sich dieselben anziehen und dadurch die Contacte an den Enden der federnden Arme mit dem an Erde gelegten Contactstabe in Berührung bringen, also die Leitung an Erde legen.

28. Eine andere Anordnung zeigt der Telephonblitzableiter Ferrer y Gandaner (Lum. él. **36**, 634). Zwei gleiche Spiralen sind um einen Eisenkern gewunden. Die einen Enden der Spiralen stehen mit der Hin- und Rückleitung in Verbindung, die anderen mit dem Hebel des Ankers für den Eisenkern. Dieser Hebel spielt zwischen zwei Contacten, von denen der eine an Erde liegt, der andere mit den Apparaten in Verbindung steht. — Für gewöhnlich liegt der Hebel an letzterem Contact. Bei einem Strome von aussergewöhnlicher Stärke wird dagegen der Anker angezogen und so die Verbindung mit den Apparaten unterbrochen und dafür die Linie an Erde gelegt. — Die Prüfung mit einem Strome von 8 Amp. unter einer Spannung von 100 Volt fiel gut aus.

29. Zur Stromunterbrechung benutzte Maxwell einen Apparat (Lum. él. **38**, 472), welcher in den Vereinigten Staaten viel gebraucht wird, eine Verbindung des Elektromagneten mit Schmelzdrähten. Dazu ist an der Armatur eines in die Telegraphenleitung geschalteten Elektromagneten ein keilförmiges Stück Metall mit gezahnten Seitenwänden angebracht. Dieses Stück steht für gewöhnlich zwischen zwei gleichfalls in die zu schützende Leitung geschalteten dünnen Schmelzdrähten. Bei stärkerem Strome, wie zulässig, zieht der Elektromagnet den Anker an und bringt dabei das keilförmige Stück in Berührung mit den Drähten. Es entstehen beim Vorbeigleiten der Zähne dieses Stückes an den Drähten Funken, welche die Schmelzdrähte zerstören, so dass die zu schützenden Apparate von der Leitung getrennt werden.

30. Eine Richtkraft des Blitzschlages glaubt Freeman in seiner Einrichtung (U. S. P. Nr. 481 617; F. E. **6**, 603) verwerthen zu können. Der Strom der atmosphärischen Elektricität soll eine ableitende Wirkung auf eine Magnetnadel ausüben, um dadurch die Leitung an Erde zu legen.

c) Ersatz der elektromagnetischen Wirkungen durch elektrostatische.

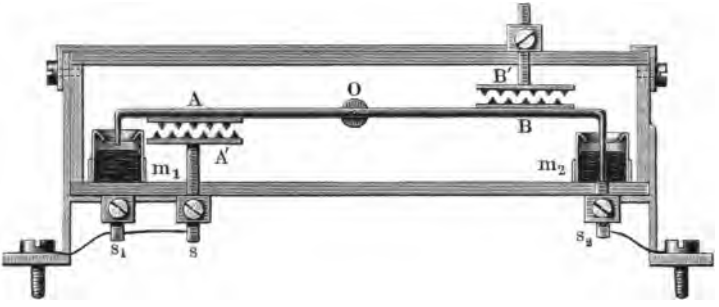
31. Diese Gruppe wird durch den Ableiter J. Rymer Jones (Tel. J. **6**, 490; Lum. él. **25**, 366) vertreten (Fig. 8 a. f. S.).

Ein um O drehbarer Hebel AOB ist bei A und B mit Spitzenkämmen versehen. Der eine Schenkel taucht in einen mit der Erde verbundenen Quecksilberbehälter m_2 ein, das Ende des anderen schwebt über dem Quecksilber in einem mit der Leitung verbundenen Napf m_1.

Digitized by Google

Gleichfalls in Verbindung mit der Leitung stehen die Platten $A'B'$, welche Spitzenkämme tragen. Bei starker Ladung der Linie wird der Hebel AOB durch die Wirkung von $A'B'$ auf AB bewegt, und somit durch

Fig. 8.



Eintauchen des Hebelendes in das Quecksilber des Napfes m_1 die Linie direct an Erde gelegt. Die Spitzenkämme erleichtern die Entladung der stark gespannten Elektricität zur Erde.

32. J. P. Culgan (U. S. P. Nr. 571 109) will zur ungefährlichen Entladung der Linie eine beim Entladungselektroskop bekannte Erscheinung benutzen. In einem Gefässe hängen sich zwei leichte Pendel gegenüber, das eine in Verbindung mit der Linie, das andere mit der Erde. Wird die Linie stark geladen, so ziehen sich die Pendel an, sollen sich bei Berührung beide mit Elektricität gleicher Art laden, daher abstossen, und so die Verbindung mit der Erde aufheben. — Ein Kurzschlussfunken soll durch den Abstoss der gleich geladenen Theile vermieden werden (siehe auch später Ableiter Razzle Dirzzle).

Drittes Capitel.

Blitzschutzvorrichtungen, die einen Nebenschluss zur Erde mit Unterbrechungsstelle enthalten.

In demselben Jahre, als Reid seinen elektromagnetischen Ableiter construirte, kam Steinheil auf den Gedanken, die Thatsache zu benutzen, dass eine isolirende Strecke, welche für den gewöhnlichen galvanischen Strom unüberspringbar ist, der Entladung stark gespannter Elektricität fast gar keinen Widerstand entgegensetzt, namentlich im Vergleich mit dem inductiven Widerstande, welchen lange Leitungen und vor Allem Solenoide für den Stromdurchgang zeigen.

33. Steinheil's Blitzableiter hat folgende Gestalt (Fig. 9) (Schaffner 573). Zwischen den Liniendrähten L_1 und L_2 sind an jeder

Digitized by Google

Zwischenstation zwei sich dicht gegenüberstehende Platten p_1 und p_2 eingeschaltet, von welchen die Drähte a_1, a_2 zu den Apparaten führen. Die atmosphärische Entladung soll zwischen den Platten p_1 und p_2 von dem einen Liniendrahte zum anderen stattfinden. Während Steinheil hiernach die Entladung nur auf dem Liniendrahte ausgleichen wollte, ist man bald dazu übergegangen, die Energie des Blitzschlages an den zu schützenden Apparaten vorbei unter Einschaltung einer Unterbrechungsstelle direct zur Erde abzuleiten. Es geht also von der Leitung ein Nebenschluss zur Erde, der aber dem gewöhnlichen Nutzstrome einen nicht zu überwindenden Widerstand entgegensetzt. — In diesen Nebenschluss muss sich möglichst die ganze Energie des Blitzschlages hineinwenden; daher muss dafür gesorgt werden, dass dort ein möglichst rascher Ausgleich erfolgt. Hierzu hat man zunächst die Thatsache benutzt, dass die Elektricität im Allgemeinen aus Spitzen und scharfen Kanten am raschesten ausströmt. Es werden deshalb in den Spitzenblitzableitern und Schneidenblitzableitern Spitzen oder Schneiden an der Unterbrechungsstelle angeordnet, welche die rasche Entladung der atmosphärischen Elektricität bewirken sollen. Indessen ist thatsächlich die Spitzenform nicht immer die geeignete, wie namentlich durch Versuche von Siemens nachgewiesen wurde. So ist jedenfalls je nach dem Vorzeichen der sich entladenden Elektricität die flache Gestalt der Elektrode vortheilhafter für die Leichtigkeit der Entladung, wenn negative Elektricität sich aus dieser Elektrode entladet, also an der Kathode, während für die positive Entladungselektrode, die Anode, die Spitzenform zweckmässiger ist. Ferner muss beachtet werden, dass auch bei der schärfsten Spitze, abgesehen von der unausbleiblichen Abflachung derselben mit der Zeit, die Entladung eine gewisse Zeit gebraucht, während welcher die auf der Leitung befindliche freie Elektricität sehr wohl auch nach den schützenden Apparaten abfliessen kann. Daher ist es angezeigt, die Capacität des Blitzableiters zu erhöhen, indem grössere, dicht gegenüberstehende Flächen angewandt werden, zwischen denen die Funkenentladung erfolgen kann. Die solche Flächenausdehnung besitzenden Blitzableiter heissen Plattenblitzableiter.

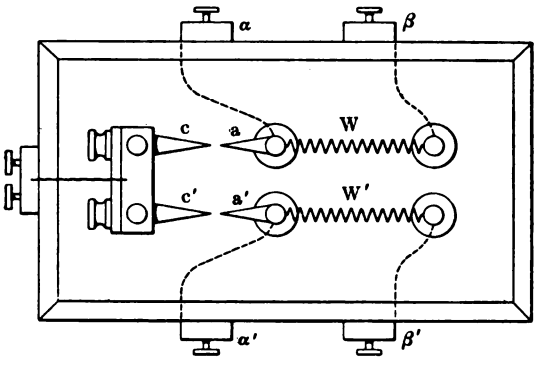
Fig. 9.

Digitized by Google

a) Spitzenblitzableiter und Schneidenblitzableiter.

34. Eine der einfachsten Formen, welche gleichzeitig noch Schmelzdrähte eingeschaltet hat, zeigt der früher in Oesterreich fast allgemein benutzte Ableiter 34 (Fig. 10) (Zetzsche 3, 770).

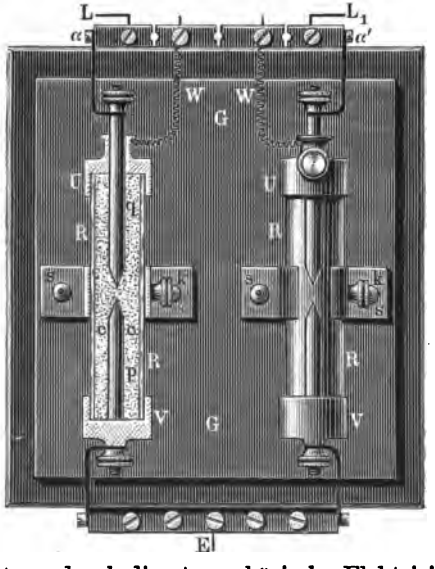
Fig. 10.



Die Spitzen a, c, a', c' bestehen aus Messingkegeln mit Platinenden. c und c' stehen in Verbindung mit der Erde. Die Leitung führt zur Klemme α, von dort zur Spitze a, über den Schmelzdraht aus Neusilber zur Klemme β, zum Apparat, zur Klemme β' über Schmelzdraht W' nach Spitze a' zur Klemme α' und von hier zur zweiten Leitung. Die spitzen Kegel sind leicht auswechselbar.

35. An dem bei der Buschtehrader Eisenbahn im Gebrauch befindlichen (von Kohlfürst angegebenen) Blitzableiter befinden sich die beiden an Leitung bezüglich Erde angeschlossenen Spitzen (Fig. 11) (0,75 mm Entfernung) in einer Glasröhre R, die mit einem Gemenge von 50 Proc. Holzkohlenpulver und 50 Proc. Magnesia gefüllt ist. Dabei ist die Luftlinie an die zugehörige Spitze mit einem dicken Drahte angeschlossen, während die Verbindung von der Spitze nach der mit den Apparaten verbundenen Klemme über eine Spirale W aus ganz dünnem übersponnenem Neusilberdraht geht.

Fig. 11.



Die Füllung der Röhre mit dem genannten Gemenge hat den Zweck, die in der Leitung durch die atmosphärische Elektricität hervorgerufenen Inductionsströme, welche nicht kräftig genug sind, um ein Funkenüberspringen

Digitized by Google

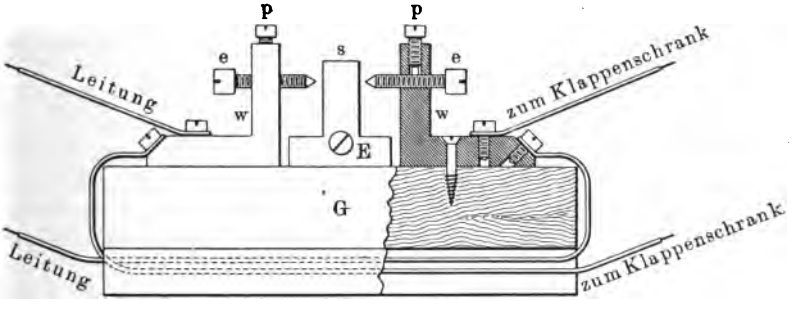
zu bewirken, zur Erde abzuleiten, besonders die einer Blitzentladung folgenden Elektricitätsbewegungen auf deren Leitung. Bei niedriger Temperatur leitet das Gemenge so wenig, dass keine nennenswerthe Ableitung des Telegraphierstromes zur Erde eintritt. Durch eine Funkenentladung wird das Gemenge erwärmt, wird hierdurch leitend und erfüllt dann die eben genannte Aufgabe (Kohlfürst, Elektrische Einrichtungen der Eisenbahnen, Wien 1883; Schellen, S. 1118).

An Stelle der im Vorstehenden genannten, zwischen den Spitzen befindlichen Substanz sind mehrfach andere, z. B. Alkohol, benutzt worden (Blavier 1, 237).

36. Durch Entladung zwischen Spitze und Platte sucht der von der deutschen Reichstelegraphenverwaltung bei Klappenschränken in Telephonämtern benutzte Ableiter (Fig. 12) Schutz zu bringen.

Auf einem Grundbrette *G* sind Messingwinkel *w* neben einander (für jede Leitung einer) angeordnet, in die eine Schraube *e* mit Spitze eingeschraubt wird. Schraube *p* dient zur Feststellung von *e*. Der

Fig. 12.



Schraubenspitze steht in Entfernung von 0,25 bis 0,5 mm gegenüber eine mit der Erde verbundene Messingschiene *s*. Die Abbildung giebt den Durchschnitt eines Ableiters, bei welchem zu beiden Seiten von *s* die Messingwinkel *w* angeordnet sind. Ferner ist zu sehen, wie die Leitungen geführt sind (Reichstelverw. 159).

Dem Umstande, dass der Entladungssinn wechseln, also die Linie bald positiv, bald negativ geladen sein kann, und dass die Leichtigkeit des Ueberganges erhöht wird, wenn die Platte negative Elektrode ist, trägt die z. B. in Italien durchweg verwandte Construction (Fig. 13, a. f. S.) Rechnung.

37. Die eine der beiden die anschraubbaren Spitzen tragenden Platten ist bei derselben mit der Erde, die andere mit der Leitung verbunden. Selbstverständlich sind die Platten von einander isolirt (Zetzsche 3, 711).

38. Eine etwas andere Form, welche gewissermaassen die Plattengestalt mit der Spitzengestalt verbindet, hat der Blitzableiter von

Digitized by Google

Latimer Clark (El. Ztschr. 2, 49), Fig. 14, bei welcher liegende Spitzen dicht neben einander stehen und in einander greifen.

Fig. 13.

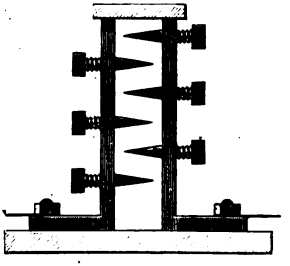


Fig. 14.

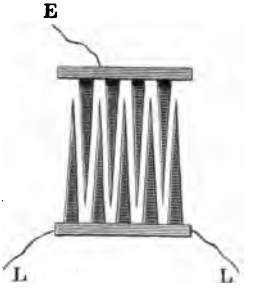
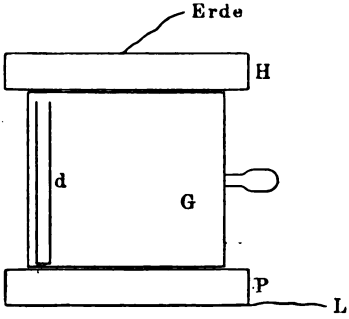


Fig. 15.

39. Derselbe Gedanke kehrt bei dem gleichfalls in Frankreich benutzten Ableiter (Fig. 15) wieder.

40. Ganz anders gestaltet ist der Ableiter Wood (U. S. P. Nr. 500178), Fig. 16. Die Metallschiene *H* ist mit der Erde verbunden, die Metallschiene *P* mit der Linie. Ein Block *G* von isolirendem Material mit vielen Canälen kann zwischen die Schienen gelegt werden. Durch diese Canäle werden ⌴-förmige Schmelzdrähte *d* gezogen, welche mit dem Rücken beim Einschieben von *G* mittelst federnder Contacte an *P* zu liegen kommen. Dagegen stehen die freien Enden der Drähte *d'* von der Platte *H* etwas ab. Ein Blitzschlag entladet sich zunächst von den Spitzen der Drähte *d* nach *H*; wird die Entladung stärker, so schmelzen die Drähte. Eine etwas andere Ausführung dieses Gedankens war auf der Weltausstellung in Chicago zu sehen (El. Ztschr. 14, 665).

Fig. 16.



41. An Stelle von Spitzen sind bei einem älteren französischen Modell auch Kugeln benutzt (Reichspostmuseum).

Speciell für Stangenblitzableiter sind folgende zwei Anordnungen:

42. J. E. Vaes (Tel. J. 4, 79) stellt, um einen Ableiter direct an den Leitungsdrähten anzubringen, eine Metallbüchse her, welche aus zwei gelenkig mit einander verbundenen und durch Schrauben an einander zu befestigenden Theilen besteht. Das Holzfutter der einen Büchsenhälfte ist radial durchbohrt, in diese Durchbohrung ragt eine mit dem Metall der Büchse verbundene Spitze hinein. Das Ganze

Digitized by Google

wird auf den Leitungsdraht durch Zusammenschrauben der beiden Hälften befestigt. Die Büchse ist zur Erde abgeleitet.

43. Nach (35) Wilke (El. Anz. 1889, 279; F. E. 1889, 364) wird zum Schutz elektrischer Leitungen eine Porcellandoppelglocke genommen, die in der Mitte ganz durchbohrt ist. Die mit der Erde verbundene Metallstütze endigt in eine Spitze, welcher von oben eine andere mit der Leitung verbundene Spitze gegenübersteht.

44. Aehnlich ist der Stangenableiter von Oppenheimer (Zetzsche 3, 143). Der Isolator zum Halten des Leitungsdrahtes hat eine eiserne Schutzkappe, um welche der Draht gewunden ist. Dieser Kappe steht im Inneren eine an der metallenen Stütze des Isolators befestigte Spitze gegenüber. Die Stütze ist zur Erde abgeleitet.

45. Um die Spitzen zu vervielfältigen, werden bei dem Blitzableiter Bertsch (Zetzsche 3, 792; Montillot 210) Spitzenkämme auf zwei Metallscheiben angeordnet, von denen die eine an der Leitung liegt, die andere an der Erde. Die Spitzen stehen sich direct gegenüber. Dieser Ableiter wird in Frankreich vorwiegend bei Einführung der Linie in das Amt oder bei Uebergang von Luftleitung zur unterirdischen Leitung verwandt.

46. An Stelle der Kämme wendet Sacré (Electé. 1887, 247) Spitzenbündel an.

47. Eine andere, in der Herstellung einfachere Art, die Anzahl der Spitzen zu vervielfältigen, zeigt der Bréguet'sche Ableiter,

Fig. 17.

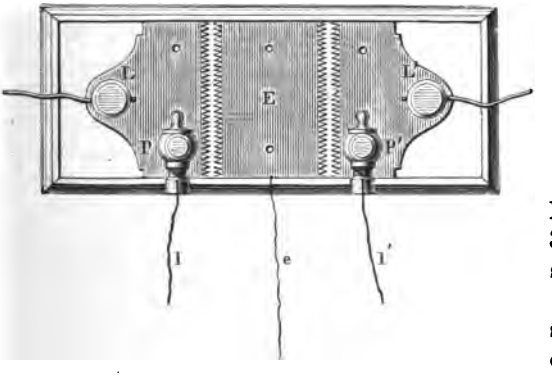


Fig. 18.

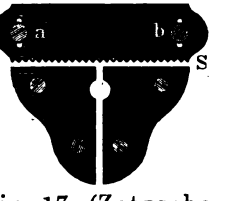


Fig. 17 (Zetzsche 3, 779), bei welchem sich Schienen mit sägenartig ausgeschnittenen Kanten einander gegenüberstehen, alle drei durch einen Holzrahmen festgehalten. Die mittelste Schiene liegt an der Erde, die beiden äusseren an den Leitungen und den Apparaten.

48. Bei den Telephongehäusen in England ist auf der Vorderseite der Apparat (Fig. 18) angeordnet (Preece 166).

Die gezahnte Messingschiene S, welche an Erde liegt, steht zwei mit den Leitungen verbundenen Platten gegenüber. Die Coulissen-

Digitized by Google

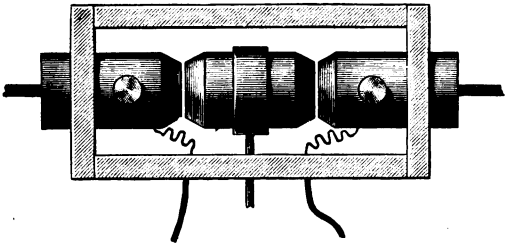
führung in *a* und *b* gestattet, die Entfernung der Platten einzustellen.

49. Den inductiven Widerstand von hin- und hergeführten Drähten will Meissner (D. R.-P. Nr. 31304) zur Erhöhung der Sicherheit in folgender Weise benutzen. Auf den beiden Stirnflächen eines Holzcylinders befinden sich zahlreiche scharfe Spitzen. Ein in die Linie eingeschalteter Draht wird an eine der Spitzen gelegt, dann in einer Rinne des Holzcylinders zur anderen Stirnfläche geführt, dort um eine Spitze geschlungen, zur ersten Stirnfläche zurückgeleitet, hier um eine zweite Spitze gelegt, wieder zur zweiten Stirnfläche geführt u. s. f.

Den Spitzen stehen zwei Erdplatten gegenüber.

50. Das leichte Abschmelzen der Spitzen war wohl die Veranlassung zur Construction der Schneidenblitzableiter, bei welchen an Stelle von Spitzen sich Schneiden einander gegenüberstehen. Eine Verletzung an einer Stellung lässt die anderen Stellen noch immer in voller Wirksamkeit. Der unter Nr. 47 erwähnte Bréguet'sche Ableiter bildet einen Uebergang zu dieser Art. Ein Beispiel hiervon giebt Nr. 50, Fig. 19 (Zetzsche 3, 772), ein Blitzableiter, der seiner Zeit im Bereiche des Norddeutschen Telegraphenvereins im Gebrauche war. Messingcylinder mit halbkugelförmig eingebohrten Enden versehen, so dass Schneiden entstehen, sind in der Verbindung, wie bei dem Ableiter von Bréguet, einander gegenübergestellt. Zur Verhütung des Abschmelzens werden die Schneiden mit Platin überzogen. Für viele Leitungen sind der Raumersparniss halber viele solche Metallcylinder mit Schneiden in einen Apparat neben einander gestellt, jeder für eine Leitung (vergl. z. B. Zetzsche 3, 773), z. B. bei einer in Württemberg zum Schutze unterirdischer Kabelleitungen in den Ueberführungssäulen angewandten Form.

Fig. 19.



51. Um die Entfernung der sich gegenüberstehenden Schneiden, auch Schneide und Platte, von der Temperatur unabhängig zu machen, hat es Polaschek (D. R.-P. Nr. 91136) für nöthig gehalten, die Entladungsplatten unter Einschaltung einer Isolirung auf einer gemeinschaftlichen Metallplatte zu befestigen, damit die durch die Ausdehnung der letzteren hervorgerufene Entfernung jener die Wirkung der Ausdehnung der Entladungsplatten aufhebt.

52. Eine sehr einfache Einrichtung, welche allerdings hauptsächlich für Starkstromleitung construirt zu sein scheint, um den dauernden Uebergang des Stromes zu verhindern, indessen auch für

Digitized by Google

Schwachstrom Verwendung finden kann, zeigt der Blitzableiter von Schuckert (D. R.-P. Nr. 84924).

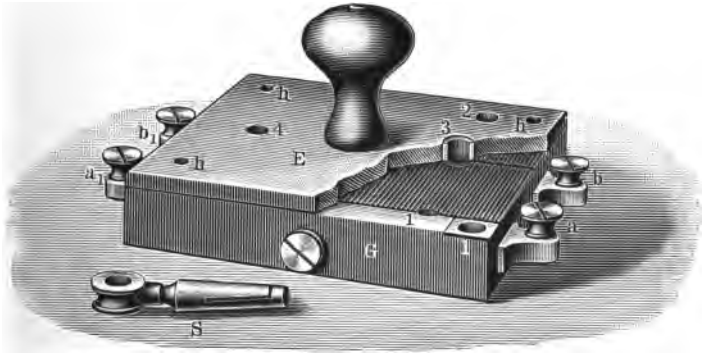
Auf einer Spiegelglasplatte wird ein dünner Metallbelag gebildet; in denselben werden mit einem Diamanten parallele Furchen von 0,01 bis 0,1 mm Breite eingerissen. Das eine Ende des Belages ist mit der Erde, das andere mit der zu schützenden Leitung verbunden. Um die Capacität und damit die Wirkung zu vergrössern, findet sich auf der anderen Seite der Spiegelglasplatte eine zweite, aber nicht durchbrochene Metallbelegung, welche mit dem einen Ende des ersten Metallbelages verbunden ist. Es soll wegen der grossen Untertheilung auf die einzelne Funkenstrecke zwischen je zwei benachbarten Streifen nur eine geringe Erwärmung kommen, so dass die Abnutzung gering sein wird und vor Allem die Brücke für Starkstrom nicht gebildet werden.

b) Plattenblitzableiter.

Bei dieser Art von Ableitern stehen Platten, von denen die eine mit der Leitung, die andere mit der Erde verbunden ist, einander gegenüber. Die Grösse und Form der Platten ist verschieden gewählt. Da das Wesentliche dieser Ableiter darin liegt, dass die Entladungen durch Ausdehnung der Oberfläche erleichtert werden sollen, sind in dieses Capitel auch diejenigen Vorrichtungen eingereiht, bei welchen die mit der Linie verbundenen Theile nur in Federn oder in dem Liniendrahte selbst bestehen.

53. Abgesehen von dem schon früher erwähnten Ableiter von Steinheil ist einer der ältesten der Ableiter von Siemens, Fig. 20

Fig. 20.



(Zetzsche 3, 777). Bei demselben wird der den Spitzen und Schneidenableitern zu Grunde liegende Gedanke benutzt, indem die einzelnen Platten gereifelt sind und so gleichfalls scharfe Schneiden zeigen. Die Zeichnung zeigt einen Ableiter für zwei Leitungen; zwei gereifelte Schienen sind neben einander isolirt auf einer Messingplatte *G* be-

Digitized by Google

festigt, die eine in Verbindung mit der Klemme a und a_1, die andere in Verbindung mit b und b_1. Eine gleichfalls mit Reifelungen versehene Platte E ruht auf der Platte G, berührt aber nicht die beiden Schienen, sondern ist, da diese letzteren etwas versenkt sind, um 0,25 bis 0,5 mm von ihnen entfernt. Die Reifelungen in E sind senkrecht zu den Reifelungen in den Schienen. In h eingelassene Stifte ruhen in Löchern l des unteren Gestelles G und sichern E vor Verschiebung. G ist an Erde gelegt. Die Reifelungen von E stehen senkrecht zu denen der unteren Schienen. In E und dem Untergestelle G sind vier Löcher vorgesehen, von welchen Nr. 3 mit einem isolirenden Futter versehen ist. Diese Löcher dienen zum Einstecken des metallenen Stöpsels S. Die eine Zuleitung führt zur Klemme a; zwischen a_1 und b_1 liegt der zu schützende Apparat. Von b geht dann die Weiterleitung entweder zu der weiteren Linie bei Zwischenämtern oder zur Erde. Stöpsel S steckt gewöhnlich in 3 und hat dann keine Aufgabe. Soll bei Ausbruch eines Gewitters entweder nur eine von den Zuleitungen oder beide direct an Erde gelegt werden, so wird Stöpsel S in 1, bezüglich 2 oder 4 gesteckt. Die Grundplatte G hat 11,5 cm Breite und 12,5 cm Länge.

54. Mannigfache Abänderungen dieses Blitzableiters sind vorgeschlagen. So legt Wightmann (U. S. P. Nr. 363567; F. E. 1, 63) eine scharf geschnittene Schraubenspindel in die Leitung. Dieser Spindel steht die Erdplatte gegenüber.

55. Der meist gebrauchte Stangenblitzableiter hat kreisförmige Platten, von denen die eine mit kreisförmigen, die andere mit geraden Reifelungen versehen ist. Den näheren Aufbau zeigt Fig. 21 und 22.

Fig. 22.

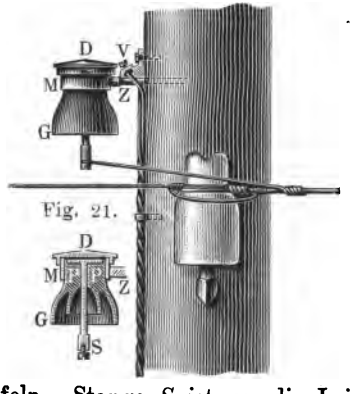


Fig. 21.

Um den Kopf einer Doppelglocke G aus Ebonit ist ein Messingring M gelegt, der einen Ansatz mit Holzschraube Z zum Einschrauben in die Stange besitzt. Eine kreisförmige Platte P mit Querreifelungen ist auf G befestigt; in sie wird eine durch die Glocke G hindurchgehende Messingstange S eingeschraubt. Dicht gegenüber der Platte P befindet sich die durch Bajonettverschluss auf Ring M aufgesetzte Metallkapsel D mit kreisförmigen Reifeln. Stange S ist an die Leitung angeschlossen. Ring M und D an Erde.

Um zu verhüten, dass sich Feuchtigkeit zwischen die beiden Platten des Ableiters setzt, und um beide Platten leicht entfernen zu können, ohne dass der Isolator verloren geht, was beim Zusammenschmelzen der oberen Platte mit der die untere haltenden Schraube

Digitized by Google

nach der vorher dargestellten Anordnung der Fall sein würde, haben Siemens u. Halske folgende Form (Fig. 23) gewählt (D. R.-P. Nr. 64111 und 95000).

56. Der mit der Leitung verbundene Stift S ist in der Isolatorglocke durch Schrauben befestigt. Auf ein kleines Gewindestück am oberen Ende von S wird die gereifelte untere Metallplatte P aufgeschraubt, aber so, dass die Schraube an S nicht durch P hindurchgeht. P ruht ausserdem auf Stiften S_1, welche in dem Isolator J befestigt sind. Eine Metallkappe M, die mit der Erde verbunden ist, liegt auf dem Isolator J. Sie trägt die zweite gereifelte Platte D_2 des Ableiters. Letztere wird durch einen Deckel D, der mittelst Bajonettverschluss an M befestigt ist, gegen die Ränder von M gepresst. D_1 ist conisch abgedreht. Nur der untere Rand r des Deckels berührt die Metallkappe M. Oeffnungen in r lassen das gebildete Condensationswasser abfliessen. Eine Hohlkehle in M verhindert, dass dieses Wasser

Fig. 23.

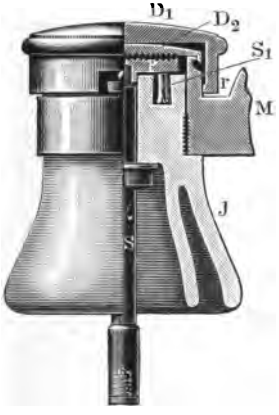
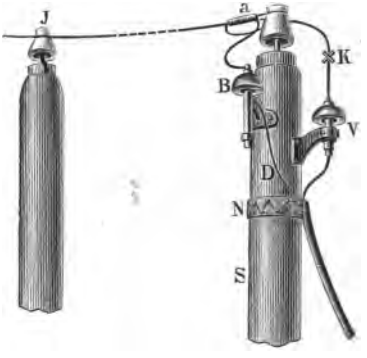


Fig. 24.



sich hochziehen kann. Zur Auswechselung ist nur der Deckel D_1 zu lösen und der Stift S aus D_2 auszuschrauben. Die beiden Platten D_1 und P_1 können dann erneuert werden.

57. An der norwegischen Küste, wo vielfach oberirdische Leitung mit unterirdischer abwechselt, werden bei den zum Schutze der letzteren benutzten Stangenblitzableitern statt gegenüberstehender Platten in einander steckende Metallcylinder mit gereifelten Wandungen angewandt. Die Luft zwischen den Cylindern ist verdünnt. Der innere, mit der Leitung verbundene Cylinder wird auf einem Isolatorkopfe befestigt, von dem äusseren Cylinder führt ein Draht zur Erde. Nach Fig. 24 führt die oberirdische Leitung von dem Spannisolator J nach der Verbindungssäule S. Hier zweigt bei a ein Draht zum inneren Metallcylinder des Blitzableiters B ab und geht dann zu den Schutzdrähten des Kabels. Erdverbindung des äusseren Cylinders stellt Draht D her. Der andere Zweig der Leitung wird bei K mit dem Kabel verbunden,

Digitized by Google

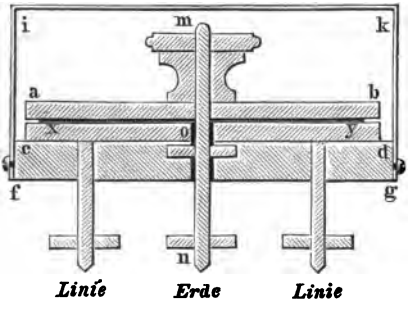
welches letztere um den Verbindungsisolator gelegt ist. Bei *N* ist das Kabel durch ein Netzwerk mit der Stange verbunden (E. Ztschr. 3, 293).

58. Der dänische Ableiter (Fig. 25) besteht aus zwei durch einen kleinen Ebonitring getrennten Zinkringen, von deren gegenüberstehenden Flächen die eine concentrisch, die andere radial gereifelt ist.

Fig. 25.

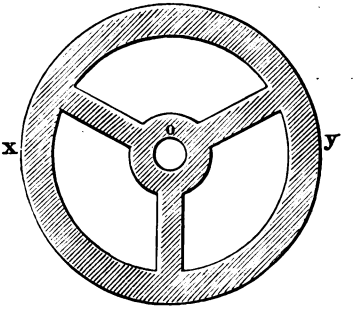
Die Platten werden sehr häufig in glatter, nicht gereifelter Form verwandt. Ferner haben viele Constructeure, um die Platten näher an einander bringen zu können und um die Gefahr des Kurzschlusses der Abschmelzungen oder Staubtheile zu vermeiden, isolirende Blätter eingeschoben, welche entweder die Grösse der Platten besitzen oder nur als schmale Bänder die metallische Berührung hindern sollen.

Fig. 26.



59. Letzteres bei dem Ableiter von Hall in Boston (Schaffner 570), welcher zwischen die Messingplatten von $2^1/_2$ Zoll (engl.) Durchmesser zwei schmale Bänder von Seide oder Papier legte.

60. In England werden (Lum. él. 36, 616; Preece 166) als Blitzableiter zwei kreisförmige Platten von geringer Grösse mit Glimmerblatt oder Luftschicht dazwischen von $^1/_{1000}$ Zoll Dicke benutzt. Aehnlich ist der Ableiter von Rysselberghe.



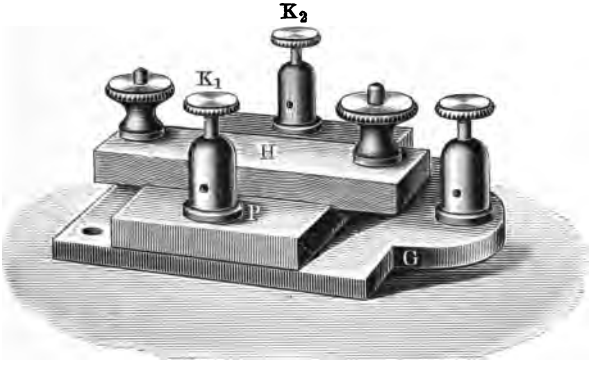
61. Fig. 26 zeigt, dass bei demselben auf der an Linie und Apparat angeschlossenen runden, glatten Platte die ebenfalls glatte Erdplatte ruht unter Einschiebung des Papieres *x y*. Das Ganze ist durch das abnehmbare Gehäuse *fikg* bedeckt, um die durch das Papier bewirkte Isolirung der beiden Platten durch Eindringen von Staub nicht gefährden zu lassen.

62. Eine Einlage von isolirendem Papier hat der französische Ableiter (Fig. 27), der im Inneren der Telephonämter benutzt wird. Platte *G* ist an Erde zu legen. Auf ihr wird unter Einschiebung eines mit Paraffin getränkten Papierblattes durch einen Holzriegel *H*

Digitized by Google

die in die Leitung eingeschaltete Messingplatte P (6 cm lang, 4 cm breit) festgehalten (Montillot, 210).

Fig. 27.



63. Bei der von der Schweizerischen Telegraphendirection angenommenen Form (Fig. 28 u. 29) sind die Leitungen an 12 mm breite und 143 mm lange, glatte Lamellen l von gewalztem oder gezogenem Messing

Fig. 28.

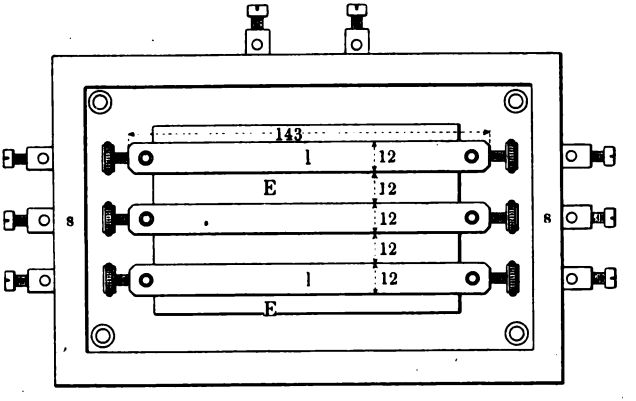
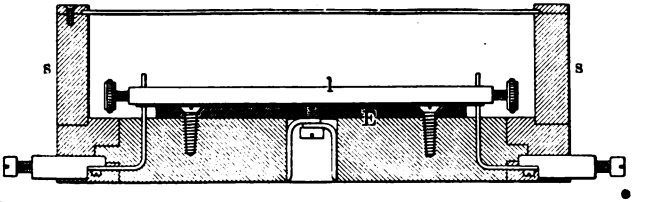


Fig. 29.



angeschlossen. Mehrere neben einander um 12 mm abstehende Lamellen haben eine gemeinschaftliche glatte Erdplatte E, von der sie nur durch eine Zwischenlage von paraffinirtem Papier getrennt sind.

Digitized by Google

Die Platten liegen in einem Schutzgehäuse *s* mit gläsernem Verschlussdeckel.

Ein in der Form ähnlicher Ableiter aus mit gereifelten Lamellen und Erdplatte ohne isolirende Einlage ist in der Centralstation von München im Gebrauch.

64. Für Stangenblitzableiter ist die von Süss (E. Ztschr. 3, 333) angegebene Form (Fig. 30 und 31) bestimmt. *A* ist ein aus mehreren mit spitzigen Zähnen versehenen Rädern versehener Metallkörper, welcher durch die Porcellanringe *b* gegen die äussere Metallhülse *B* isolirt gehalten wird. Durch eine Mutter *C* wird der Körper in *B* befestigt. Eine Porcellanglocke *D* ist gleichfalls in *B* einzuschrauben.

Fig. 30.

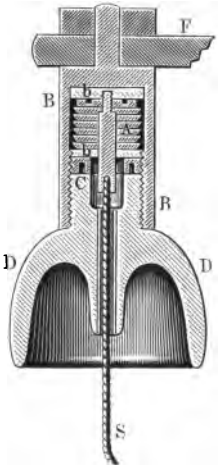
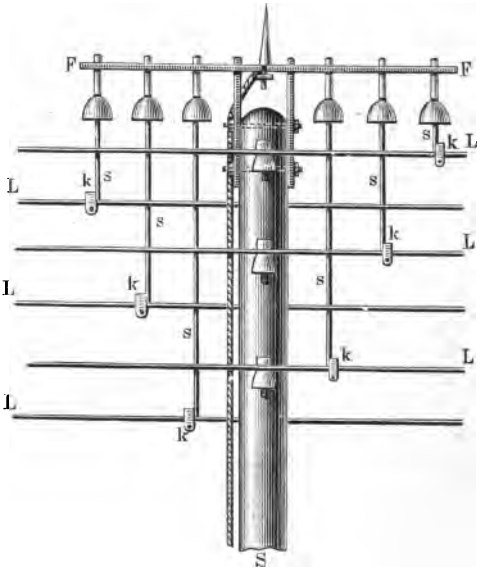


Fig. 31.



Mit dem Metallkörper *A* ist das zur Leitung führende Seil *S* verbunden. Der Körper *B* wird durch eine starke Schraube in die mit der Erde verbundene Trägerstange *F* eingeschraubt. Für jede Leitung ist an einer mit der Leitung parallel laufenden Stange ein solcher Ableiter angebracht.

65. Zur Sicherung der richtigen Entfernung der Leitungs- und Erdplatten und zwecks leichter Controle werden von Müller (E. Ztschr. 1895, 189) zu beiden Seiten einer auf einem Träger aufgestellten, verticalen, gereifelten Erdplatte, verticale, in die Leitung gelegte (vier bei der gezeichneten Ausführung) gleichfalls gereifelte Platten aufgestellt. Die einzelnen Platten haben auf ihrer oberen Fläche Löcher, in welche Stifte, die an einer Ebonitplatte sitzen, eingesteckt werden. Letztere Platte sichert den richtigen Abstand der Leitungsplatten von der Erdplatte.

Digitized by Google

66. Eine Form, welche viel kleinere Berührungsflächen, dafür aber sehr handliche Umschaltvorrichtungen zeigt, liegt in dem Blitzableiter von Matzenauer vor (Fig. 32 und 33). An einem Brette sind zwei Metallstücke *p*, *q* mit je zwei Klemmschrauben befestigt. Zwischen *p* und *q* ist eine Messingwalze, mit einem durch den Metallstreifen *i* festgehaltenen Seidenbande umwickelt, an dem

Fig. 32.

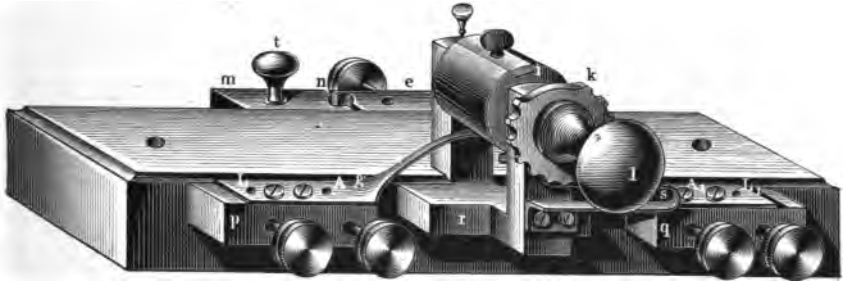
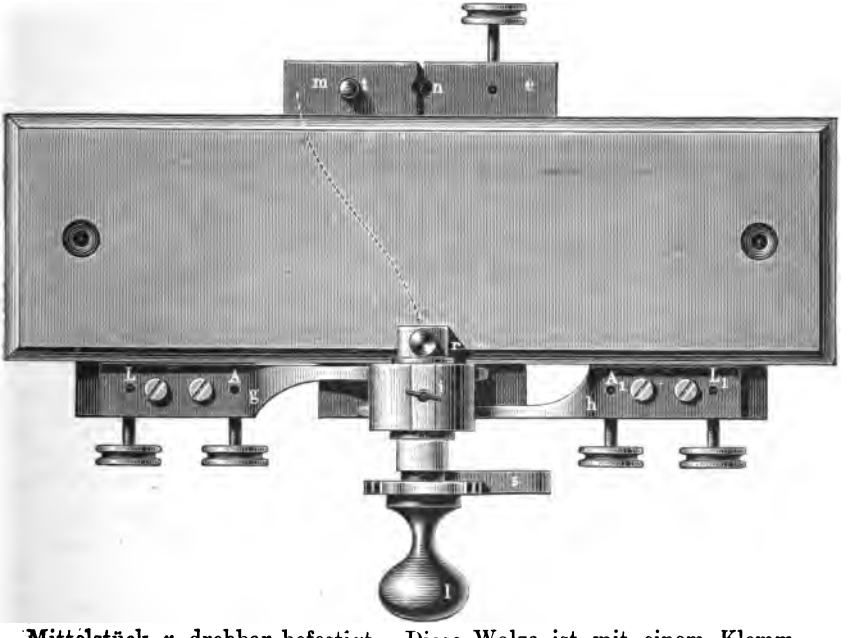


Fig. 33.



Mittelstück *r* drehbar befestigt. Diese Walze ist mit einem Klemmstück *m* verbunden, neben welchem ein an Erde liegendes Metallstück *e* liegt. Stöpsel *t* dient zur Herstellung der Verbindung zwischen *m* und *e*. Von *pq* erstrecken sich zwei Packfongfedern *g*, *h* nach der Walze. Schliesslich ist auf der Axe der Walze ein gezahntes Rad *k* befestigt, in welches ein an der Feder *s* sitzender Sperrhaken eingreift.

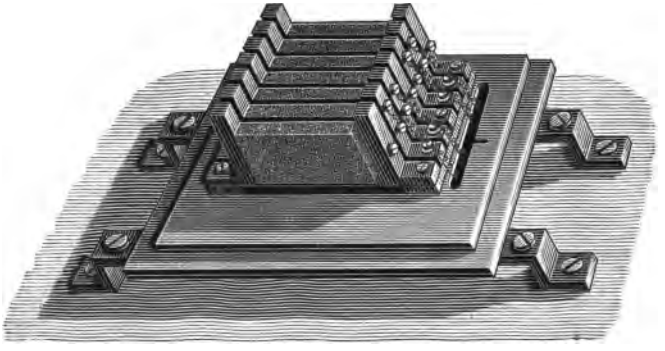
Digitized by Google

In der gezeichneten Stellung sind die Federn g, h von einander isolirt. Dreht man die Walze, so dass das Metallstück i nach unten zu liegen kommt, so werden die Federn durch i leitend verbunden, der Apparat ist ausgeschaltet. Die Leitungsdrähte sind in L und L_1, die zu dem Apparate führenden in A und A_1 einzuschalten. Bei dieser Abschaltung des Apparates ist die Linie offen oder an Erde gelegt, je nachdem Stöpsel t nicht in n steckt oder wohl.

An Stelle von Metallplatten finden sich, um der Gefahr des Kurzschlusses durch abgeschmolzene Theile zu entgehen, Platten aus Kohle verwendet.

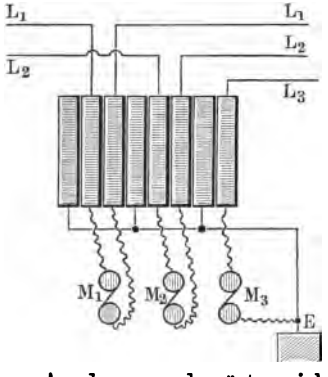
67. Ein solcher Ableiter ist der von Ulbricht (E. Ztschr. 6, 343) angegebene (Fig. 34 und 35). Jede Kohle, aus feinkörniger fester

Fig. 34.



Retortenkohle geschnitten und sorgfältig isolirt, wird durch einen Metallbügel gehalten, welcher von dem an der Wand zu befestigenden metallenen Untergestell durch eine Hartgummieinlage getrennt ist.

Fig. 35.



Zur einmaligen Justirung des Apparates werden zwischen die gelockerten Kohlenplatten Kartenblätter von etwa 0,25 mm Stärke geschoben, die Platten hierauf zusammengerückt, durch Anziehen der Klemmschrauben festgestellt und nun die Kartenblätter herausgezogen.

Auf je eine Erdplatte folgen zwei zu einem Telephonapparat gehörige Leitungslamellen, woran sich wieder eine Erdlamelle schliesst.

An den von der österreichischen Staatsbahn-Verwaltung (E. Ztschr. 13, 442) benutzten Ableitern mit Kohleplatten soll der Eintritt der Entladung durch zischende Geräusche angegeben worden sein.

Digitized by Google

68. Der Telephonableiter White, Fig. 36 und 37, in den Vereinigten Staaten benutzt (Ann. tél. [3] **21**, 438; U. S. P. Nr. 438788), ist ein Plattenblitzableiter mit Kohleplatten und eingelegtem Glimmerblatte. In jeder Linie liegt ein Ableiter. Von den Kohlen C sind C'_1 und C'_2 mit der Erde verbunden, C_1 und C_2 durch gegen sie drückende Federn

Fig. 36.

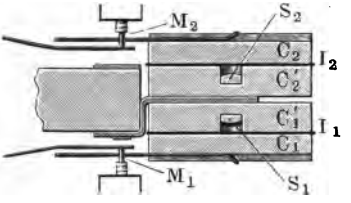
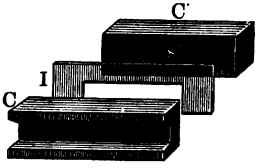


Fig. 37.



mit den Leitungen. G_1 und G_2 sind Glimmerblätter. Die an Erde gelegten Kohlen tragen kleine Höhlungen S, die mit einem leicht schmelzbaren Körper ausgefüllt sind. Wird die Entladung zu stark, so schmilzt letzterer, fliesst aus der Höhlung S und stellt Verbindung der an Erde liegenden Kohle mit der an Leitung liegenden Kohle her.

69. Eine Vervielfältigung der Platten hat Gattinger (D. R.-P. Nr. 81105) gewählt. Er will hauptsächlich dadurch, dass er zwischen die an die beiden Zuleitungen angeschlossenen vielfachen Platten eine grössere Zahl von an Erde liegenden sogenannten Saugplatten einschiebt, alle schädlichen Elektricitätsmengen ohne Funkenbildung absaugen. Die an die beiden Zuleitungen angeschlossenen Plattenpaare a, a_1 (vorzugsweise Kohle) sind wie in einem Condensator unter Trennung durch eine Isolationsschicht b auf einander gestapelt. Zwischen je zwei Paaren $a\,a_1$ liegt eine von diesen isolirte Saugplatte g, welche mit der Erde verbunden ist. Eine andere Schaltung, bei welcher zwischen je zwei auf einander folgenden Platten $a\,a_1$ eine Saugplatte angeordnet ist, zeigt Fig. 39. Die vorstehenden Enden der Platten a und a_1 sind durch Zwischenlage eines leitenden Bleches c mit Metallständer d bezüglich d_1 und dadurch mit den Zuführungen der Leitung

Fig. 38.

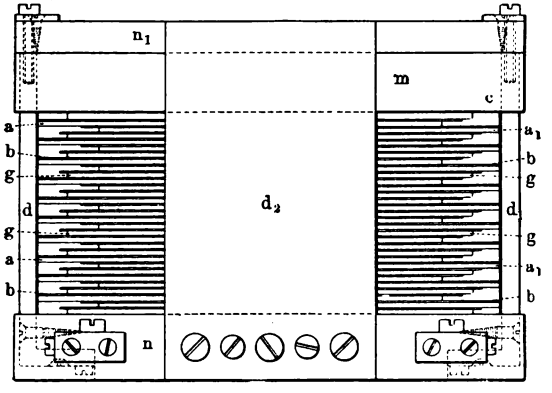
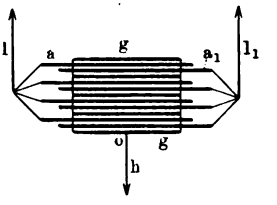


Fig. 39.



Digitized by Google

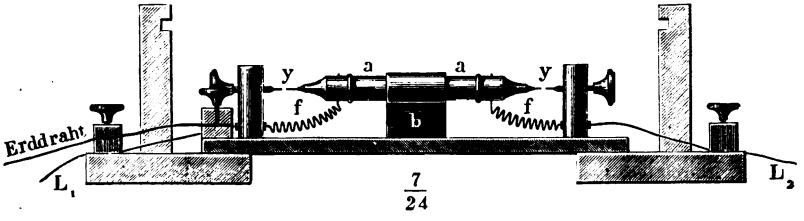
verbunden (Fig. 38). Die nach einer dritten Seite vorstehenden Enden der Saugplatten g stehen ebenfalls durch solche Metallbleche c mit dem an Erde liegenden Metallständer d_2 in Verbindung.

70. Statt in einander gelegt zu werden, sind die Platten wohl auch als Cylinder in einander gesteckt worden. So bei einem von Edison angegebenen Ableiter (Lum. él. 45), bei welchem um ein mit der Erde verbundenes Rohr 1 isolirendes Papier 2, dann ein an die Leitung gelegtes Kupferblatt 3, darauf wieder isolirendes Papier 2 und schliesslich ein Einschlussrohr 4, das gleichfalls mit der Erde in Verbindung steht, gelegt sind.

71. Ferner bei Jamieson (Tel. J. 4, 308). Hier liegt die Linie an einem gereifelten Messingcylinder, der in einem anderen gerippten an Erde liegenden Cylinder, wie bei dem norwegischen Stangenblitzableiter Nr. 57, steckt. Von dem einen Cylinder wird die Leitung in Windungen eines dünnen Drahtes um den äusseren Cylinder gelegt.

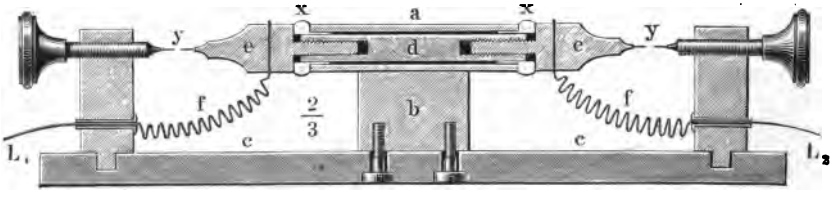
72. Zu erwähnen ist noch die Anordnung von Buchner (D. R.-P. Nr. 59 248), welche die einen Kurzschluss herbeiführenden abgeschmolzenen Metalltheile zu entfernen bezweckt. Der Blitzableiter befindet sich in der Schublade des Apparatentisches. Beim Aufziehen dieser Schublade wird durch Zahnstange und Zahngetriebe ein an der Erde liegender Cylinder gedreht. Derselbe ist von zwei halbcylindrischen Platten, die in der Leitung liegen, umgeben. Zwei kleine isolirende Einsätze an dem Erdcylinder streifen beim Bewegen der Schublade die etwa gebildeten Abschmelzungen ab.

Fig. 40.



7/24

Fig. 41.



In vielen Anordnungen wird danach gestrebt, die verschiedenen Arten von Blitzableitern, von welchen je eine besondere Wirkung erwartet wird, zu vereinigen. So fanden sich bei den Spitzenblitz-

Digitized by Google

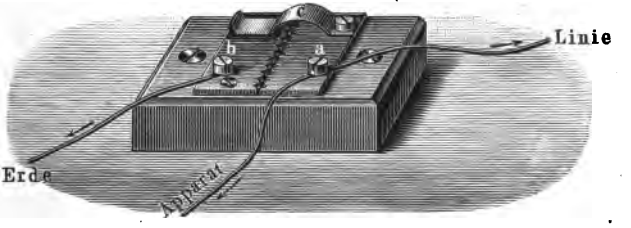
ableitern schon Vereinigungen derselben mit Schmelzdrahtsicherungen. In der Anschauung, dass die Plattenblitzableiter hauptsächlich kräftige Entladungen gefahrlos ableiten, während die Spitzenblitzableiter die atmosphärischen Spannungen verändern sollen, ist z. B. bei dem Kerckhoff'schen Ableiter folgende Zusammenstellung getroffen.

73. Auf einer an die Erde angeschlossenen Zinkplatte (Fig. 40 u. 41) befindet sich ein Messingstück b, das in einer Aushöhlung den Messingcylinder a trägt. In diesem letzteren wird ein Messingstab d (mit einem Abstande von 0,5 mm von a) schwebend erhalten und zwar durch zwei in d eingeschraubte Schrauben e und zwei zwischen l und b eingeklemmte Elfenbeinröhrchen x. Den zugespitzten Enden der Schrauben l stehen zwei auf der Erdplatte t befestigte Spitzen g gegenüber. Die Leitungsdrähte L_1 und L_2 zur Linie und zu den Apparaten sind an die Schrauben l angeschlossen.

Es sollen sich an dem Hohlcylinder a, sowie an d niemals Spuren von Abschmelzungen gezeigt haben, woraus auf ein continuirliches Ueberströmen der Elektricität an dieser Stelle geschlossen wird.

74. Besonders in Telephonämtern bevorzugt man eine solche Vereinigung verschiedener Arten. So ist z. B. als Telephonableiter folgende Anordnung im Gebrauch (Fig. 42). Zwei Platten a und b stehen mit gezahnten Rändern einander gegenüber. a ist mit der Linie und dem

Fig. 42.



Apparate in Verbindung, b liegt an Erde. Auf a ist durch eine Schraube eine Feder c aus Neusilber befestigt, welche gegen Platte b drückt, von derselben durch ein Stück Seidenzeug isolirt ist. Die letzte Einrichtung giebt einen Plattenleiter, die gegenüberstehenden Zähne sollen zur langsamen Entladung dienen.

In französischen Telephonämtern wird der Apparat nach Fig. 43 (a. f. S.) benutzt (Montillot 211).

75. Die Messingplatte AA' steht mit der Linie und den Apparaten in Verbindung. Sie ruht auf der an Erde gelegten Platte BB' unter Einschiebung eines Blattes Guttaperchapapiers oder einer Glimmerplatte. Auf BB' sind zwei Messingsäulen befestigt, welche eine mit 288 Spitzen besetzte Messingplatte C tragen. Die Enden dieser Spitzen stehen der Platte AA' dicht gegenüber.

Digitized by Google

76. Bei den Gehäusen der einzelnen Sprechstellen bevorzugt man dagegen in Frankreich folgende Form von Maiche (Fig. 44) (Mon-

Fig. 43.

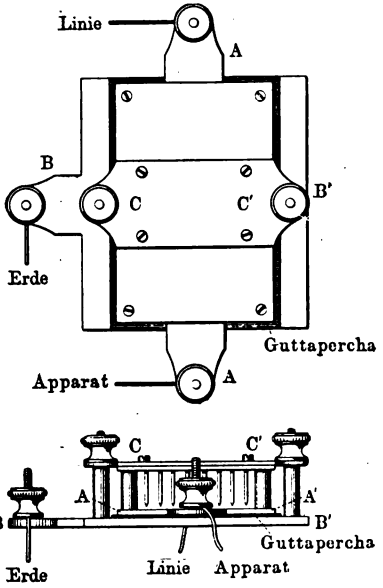
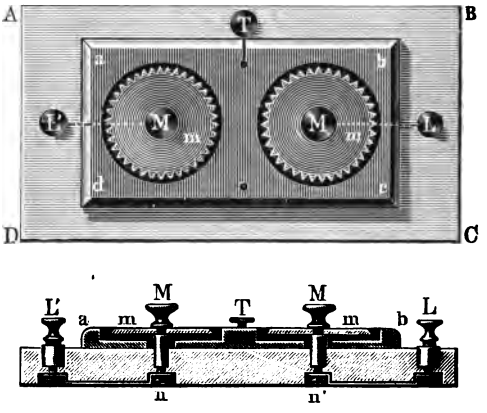


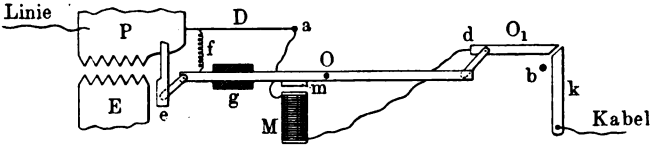
Fig. 44.



tillot 212). Auf einer Holzplatte $ABCD$ ist befestigt eine Metallplatte $abcd$, mit Durchbohrungen versehen, durch welche kleine Metallstäbe nn' ohne metallische Berührung mit $abcd$ durchgesteckt werden. Auf diesen Stäbchen nn' werden durch Schraubenmuttern MM Metallplatten mm' festgehalten, welche an den Rändern scharf gezähnt und die, wie Figur 44 zeigt, in Höhlungen der Platte $abcd$ eingelegt sind. Blätter von paraffinirtem Papier isoliren die Platten mm' von $abcd$. Klemme T führt zur Erde. Klemmen LL' und MM sind mit der Linie bezüglich den Apparaten in Verbindung.

77. Bei dem Ableiter Spalding (Lum. él. 25, 364) (Fig. 45) sind drei verschiedene Arten von Ableitern mit einander verbunden.

Fig. 45.



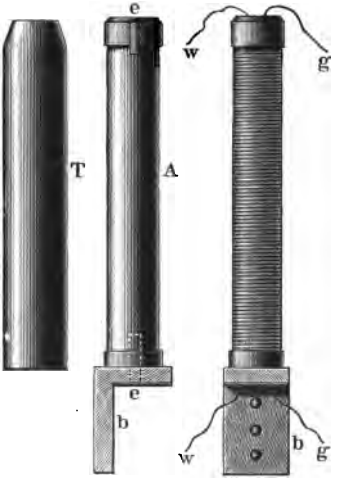
Zunächst sorgen die gezähnten Platten P und E, von welchen P mit der Linie verbunden ist, während E die Erdplatte ist, für die Entladung. Von P führt ein Schmelzdraht D zu einer Klemme a, von welcher die Leitung um den Elektromagneten M, dann weiter zum Hebel dO_1, zum Hebel k und von hier zum Kabel oder den an-

Digitized by Google

geschlossenen Apparaten führt. Der Anker des Elektromagneten sitzt an einem Hebel O mit Gegengewicht g. Hebel O steht gelenkig mit Hebel $O_1 d$ und dem kleinen an der Schiene P angebrachten Hebel e in Verbindung. Schliesslich ist zwischen Schmelzdraht D und dem Hebel O eine Feder f ausgespannt, welche den Hebel vom Elektromagnet O abhält. Wird die Entladung nicht ganz von P nach E geführt, so tritt bei stärkerer Wirkung Magnet M in Thätigkeit, zieht den Hebel O nieder, unterbricht dadurch den Contact zu k und schliesst den Erdcontact e, so dass die Linie direct an Erde gelegt wird. Hebel k fällt auf den Anschlag b. Dasselbe geschieht, wenn bei zu starkem Strome der Schmelzdraht D schmilzt und dadurch der Zug der Feder aufhört.

Die weitverbreitetste Verwendung findet der den zuletzt geschilderten Ableitern zu Grunde liegende Gedanke: den Leitungsdraht selbst als einen Theil des Plattenblitzableiters zu benutzen — und zugleich diesen Theil als Schmelzdraht auszubilden —, in den sogenannnten Spindelblitzableitern. Bei ihnen wird dieser Theil der Leitung auf leicht auswechselbaren Körpern, insbesondere auf cylindrischen Stäben aufgewickelt, die zur Erde abgeleitet sind. Der wirksame Theil erhält so die Form einer Spindel, woher der Name Spindelblitzableiter. Dieselben werden meist in Verbindung mit anderen Blitzableitern namentlich zum Schutz der Telephonleitungen gebraucht. Sie dienen u. a. vorzugsweise zum Schutze der mit 0,1 mm bewickelten Fernsprechapparaten, die bei dieser geringen Drahtstärke der Beschädigung durch verhältnissmässig schwache Störungen des elektrischen Gleichgewichtes der Atmosphäre ausgesetzt sind.

Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.



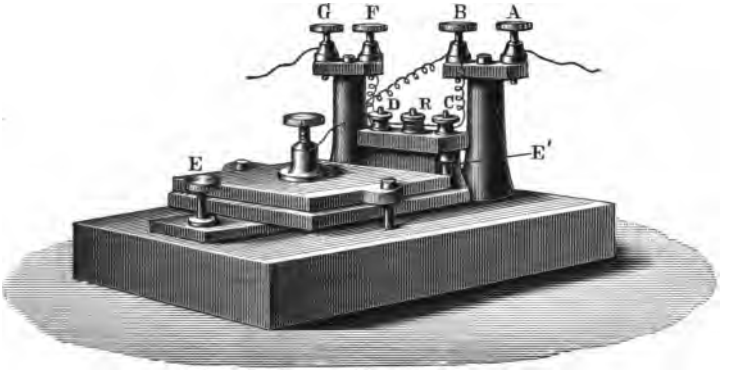
78. Der in dem englischen Postamte (Tel. J. 8, 349, 368), Fig. 46, 47, 48, benutzte Blitzableiter besteht aus einem Messingcylinder mit Ebonitplattenenden. Um den Cylinder sind neben einander zwei Drähte w und g gewunden, von denen der eine mit grüner Seide, der andere mit weisser Seide isolirt ist. Das Ganze ist in eine Messingröhre eingeschlossen. Diese, sowie der Cylinder liegen an Erde, der Winkel b dient zur Befestigung. Die beiden von aussen kommenden Leitungen sind mit dem einen Ende jedes weissen und grünen Drahtes verbunden, die Leitungen des zu schützenden Apparates mit den anderen freien Enden. Die Blitzentladung hat somit einen Weg vom grünen zum weissen Draht oder von den Drähten zu den umgebenden an Erde gelegten Messingcylindern. Die Figur giebt den Ableiter in halber Grösse.

Digitized by Google

Neben diesen sind Plattenblitzableiter mit eingelegtem, paraffinirtem Papier im Gebrauch; die Platten sind glatt, nicht gereifelt, auf Grund der Versuche von Preece (siehe später).

79. Für die Ueberführung von oberirdischer Leitung zur Kabelleitung wird dagegen in England eine etwas andere Form (Fig. 49) benutzt (Tel. J. 8, 369; Lum. él. 27, 615). Auf Ebonitsäulen sind die Klemmen *A* und *B* bezüglich *G* und *F* aufgesetzt. Zwischen den Säulen befindet sich ein Messingrad *R*, um welches ein feiner, isolirter Platindraht gewunden ist, dessen Enden an die isolirten Klemmen *C* und *D* angelegt sind. Das Rad *R* steht in Verbindung mit der Erdplatte des Plattenableiters. An *C* ist die Erde gelegt. Dies Messingrad wird, nachdem der feine Draht herumgewunden ist, in Paraffin getaucht, um es vor Feuchtigkeit zu schützen. *A* ist mit der oberirdischen Leitung, *G* mit dem Kabel in Verbindung. Die übrigen Ver-

Fig. 49.



bindungen sind in der Figur zu sehen. Die Entladung findet ihren Weg entweder zwischen den Platten des Plattenblitzableiters oder dem feinen Draht nach *R*. Schliesslich schmilzt bei zu starker Entladung der feine Draht und legt dadurch das Kabel an Erde.

80. In Frankreich wird folgende Form (Fig. 50 und 51) bevorzugt (Zetzsche 3, 757). Eine auswechselbare Spindel *S* ist mit feinem (0,1 mm Dicke), isolirtem Draht bewickelt, und zwar in zwei Abtheilungen zwischen den drei durch Elfenbeinplatten *ee* isolirten Messingstücken *a*, *b*, *c*. Die Enden der Drahtumwickelung werden durch die Holzschrauben *o* und o_1 gegen die Messingstücke *a* und *b* gepresst. *a* und *c* sind mit den Zuleitungen, *b* und der cylindrische Theil, um welchen der feine Draht gewickelt ist, mit der Erde in Verbindung. Zu dem Zwecke wird die Spindel in drei Ringe eines Umschalters (Fig. 50) eingesteckt und dort durch Klemmschrauben festgehalten. Der Ring b_1 für das Mittelstück *b* steht mit der Erde in Verbindung. Die Leitung liegt an dem Drehpunkte des Kurbelumschalters *k*, die

Digitized by Google

Apparate an dem Ringe c_1. Durch Drehung des Umschalters kann die Leitung an a, also unter Einschaltung des Blitzableiters an die Apparate oder direct an b, also an Erde gelegt werden.

Fig. 50.

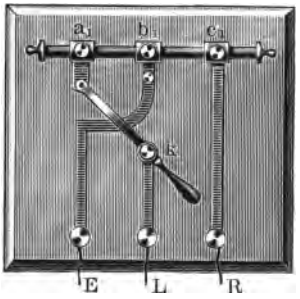
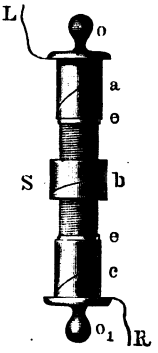


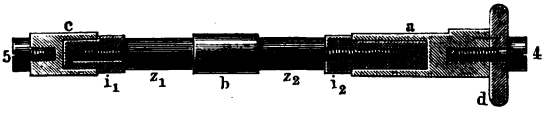
Fig. 51.



81. Die im deutschen Reichspostdienste benutzte Schutzvorrichtung hat folgende Einrichtung (El. Ztschr. **1**, 202).

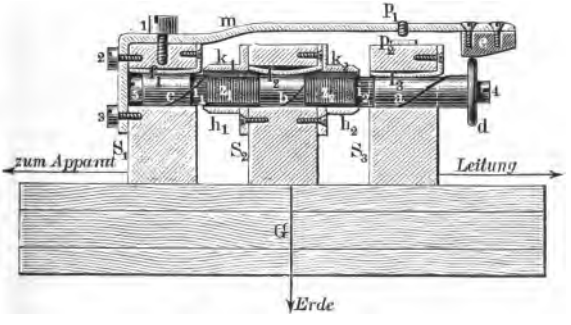
Die Spindel (Fig. 52) besteht, wie bei dem französischen Instrumente, aus drei Messingcylindern a, b, c, welche durch die Ebonitsäulen

Fig. 52.



i_1, i_2 zusammengehalten werden. Um die etwas abgedrehten Theile z_1, z_2 des Cylinders b ist ein dünner (0,1 mm Dicke), mit Seide umsponnener Kupferdraht gewickelt, dessen blank gemachten Enden durch die Endschrauben 4 und 5 gegen die Endstücke a und c gepresst

Fig. 53.



werden. Die Spindel wird in die Messingstücke s_1, s_2, s_3 (Fig. 53) eingeschoben. s_3 steht mit dem vom Plattenblitzableiter kommenden Leitungsdraht in Verbindung, s_1 mit dem Apparate, s_2 mit der Erde.

Digitized by Google

Messinghülsen h_1 und h_2, welche an s_2 angeschraubt sind, dienen noch zum Schutze der Drahtumwickelung um z_1 und z_2. Damit beim Auswechseln der Spindeln die Leitung nicht unterbrochen wird, ist an s_1 ein federnder Arm mit einem Platinstift p_1 angeschraubt. Dem Stifte p_1 steht eine Platinplatte p_2 gegenüber. Das Ende des Armes m trägt ein Ebonitstück e. Eine Unterlagscheibe d ist an der Spindel durch 4 angeschraubt; dieselbe trennt beim Einschieben der Spindel die beiden Contacte p_1 und p_2.

82. Eine etwas einfachere neuere Construction zeigt Fig. 54 (App. Reichspostv. 136). Die Messingbüchse b ist auf den Stahlstift s aufgeschoben und mit ihm verlöthet, während beide freien Enden des Stahlstiftes von Ebonithülsen i_1 i_2 umgeben sind, auf denen sich die Messinghülsen a und c befinden. Die eine Messinghülse a trägt an

Fig. 54.

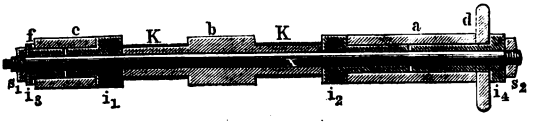
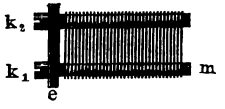


Fig. 55.



ihrem vorderen Ende die Messingscheibe d, um beim Einschieben der Spindel in die Durchbohrungen der Ständer den Bügel m aufwärts zu drücken. Der dünnere Zapfen der Hülse b ist mit dem 0,2 mm dicken, mit Seide umsponnenen Kupferdraht K umwickelt.

83. Die neueste Ausführung des von der deutschen Reichspostverwaltung benutzten Spindelableiters ist noch einfacher (Fig. 55) (vgl. Nr. 78).

Auf einem etwa 2 cm langen und 0,5 cm Durchmesser haltenden Messingcylinder m ist der dünne Draht aufgewickelt, dessen Enden unter die beiden Klemmschrauben k_1 und k_2 geklemmt werden. Letztere sind in der Hartgummiplatte e eingelassen. Der Cylinder m wird auf einen zur Erde abgeleiteten Metallcylinder gesteckt. Eine ähnliche Vorrichtung, wie bei Nr. 82 angegeben, bewirkt, dass beim Abziehen dieses Ableiters die entstehende Leitungslücke überbrückt wird.

Fig. 56.

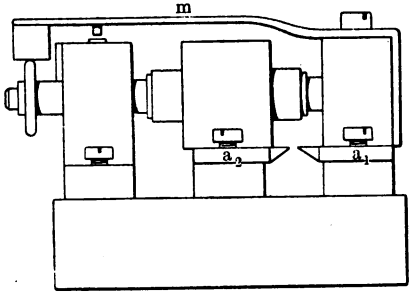
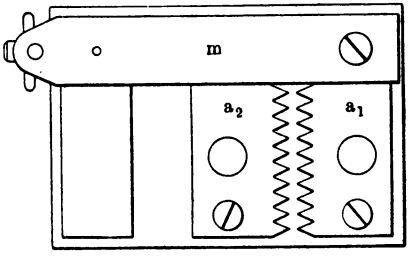


Fig. 57.



84. Bei den Blitzableitern für die Gehäuse der Fernsprecher kommt zu diesem Spindelblitzableiter noch ein Spitzenkammableiter

Digitized by Google

a_2 a_1 hinzu, wie Fig. 56 und 57 in Querschnitt und Draufsicht zeigen.

85. In anderer Form hat Bennet die gleiche Aufgabe zu lösen gesucht (El. W. 14, 168), Fig. 58.

An einer Erdplatte E ist eine Ecke durch ein mit der Leitung L verbundenes Stück B ersetzt. Von B führt ein Draht A zu einer dünndrähtigen Spule C, welche innerhalb einer Aushöhlung der Platte E sitzt. Die Spule ist um einen mit der Erde verbundenen Metallcylinder gewickelt. Die Selbstinductionswirkung von C zwingt die Entladung, von B nach E zu gehen, eventuell werden nur die ersten Windungen von C durchschmolzen. Eine frühere Ausführungsform derselben Idee ist von Ker. El. W. 14, 198 beschrieben.

Fig. 58.

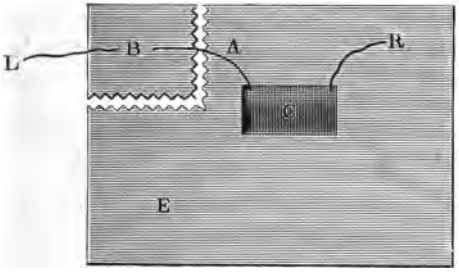
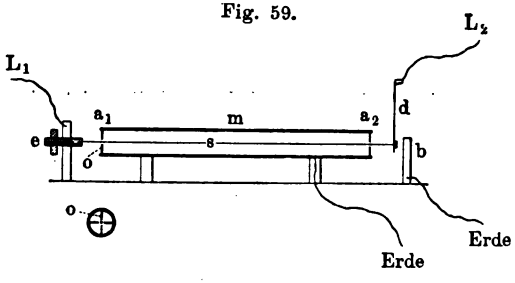


Fig. 59.



86. Für unterseeische Kabel wird vielfach ein von Saunders angegebener Ableiter benutzt, Fig. 59 (Reichspostmuseum), bei welchem ein feiner Schmelzdraht s in einer Messingröhre m ausgespannt ist. Das eine Ende von s sitzt an einer Spannschraube e, die mit einer der Zuleitungen verbunden ist; das andere ist an einen federnden Arm d angehängt, der zu der zweiten Zuleitung L_2 führt. Gegenüber d steht ein mit der Erde verbundener Anschlag b. An den beiden Enden a_1 a_2 der Röhre m befinden sich je vier kleine Messingspitzen o, welche bis dicht an den Schmelzdraht reichen. Die Messingröhre m ist zur Erde abgeleitet. Schwächere atmosphärische Entladungen finden ihren Ausweg durch Ueberströmen von s nach m, bei zu starken Wirkungen schmilzt m. Dann federt d nach b und legt die Zuleitung L_1 direct an Erde.

An Stelle m ganz aus Metall zu machen, wird für m auch eine mit Metall bekleidete Glasröhre genommen.

87. Als Anhang sei hierhin schliesslich der Vorschlag gerechnet, über den Leitungen parallel zu denselben entweder glatte oder aus

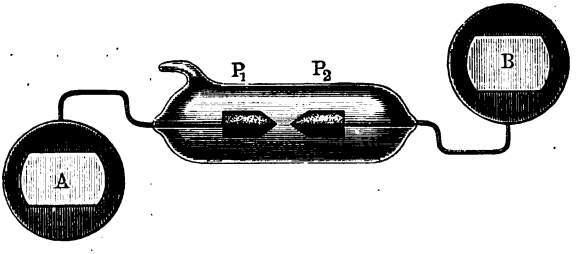
Digitized by Google

Stacheldraht bestehende Schutzdrähte zu ziehen, welche zur Erde abgeleitet sind (Rae., El. Eng. **14**, 366; F. E. **6**, 697; Wurts, El. W. **19**, 219).

c) Blitzableiter mit Funkenstrecken in luftverdünnten Räumen.

88. Um den grossen Widerstand einer Luftstrecke zu vermindern, ist mehrfach versucht worden, dem Entladungsfunken einen leichten Uebergang durch einen Nebenschluss zur Erde unter Einschaltung eines luftverdünnten Raumes zu bieten. Schon Siemens benutzte hierzu eine Geissler'sche Röhre. Der bekannteste hierhin gehörige Ableiter ist der von Varley (Tel. J. 8, 369), Fig. 60, welcher

Fig. 60.



stellenweise auf englischen Linien gebraucht wird. Bei ihm ist eine Geissler'sche Röhre mit den Elektroden $P_1 P_2$ durch die Metallstücke A und B auf der einen Seite an die Leitung, auf der anderen an Erde gelegt. Der Uebergang erfolgt in der luftverdünnten Röhre natürlich leichter wie in der Luft von Atmosphärendruck. Die Anordnungen der Elektroden sind hierbei mannigfache, z. B. Paralleldrähte, Platten.

89. In einem neueren Ableiter von Siemens und Halske sind an Stelle der Metallelektroden gerippte Kohlenplatten im luftleeren Raume getreten.

90. Lewis Searing (U. S. P. Nr. 484466) rechnet darauf, dass die Geissler'sche Röhre durch einen Blitzschlag zersprengt wird und so die Leitung von den Apparaten abgeschaltet wird.

d) Blitzableiter mit Ueberbrückung der Unterbrechungsstelle durch Widerstände.

91. Eine hierhin gehörige Anordnung hat sich Elihu Thomson in Amerika patentiren lassen unter U. S. P. Nr. 464595. Die Leitung wird nach diesem Vorschlage durch einen Draht von sehr hohem Widerstande dauernd mit der Erde verbunden, wobei dieser Draht zwischen

Digitized by Google

zwei Spitzenkämmen parallel zu der Spitzenreihe in vielen Windungen hin und her geführt ist. Zu starke Entladungen finden ihren Ausgleich zwischen den Spitzen direct. Die Anordnung kann natürlich nur für Leitungen mit geringem Widerstande verwendbar sein.

92. Gerade entgegengesetzt ist nach Carty (U. S. P. Nr. 495179), um den Anker des Anrufers beim Telephon vor dem Uebergange der Blitzentladung nach demselben zu schützen, zu diesem Inductor ein Nebenschluss von geringem inductiven Widerstande geschaltet, welcher beim Anruf selbstthätig abgeschaltet wird.

Viertes Capitel.

Zusammenstellung der an besonderen Stellen benutzten Ableiter.

Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, verlangen nicht alle Schwachstromleitungen denselben Grad von Empfindlichkeit bei den Blitzableitern. Strömungen, welche den Elektromagnet des Morse-Apparates unbeeinflusst lassen, können verderblich für Telephon sein. Die Kabel sind besonders der Zerstörung durch Blitzschlag ausgesetzt, weil ihre äussere Hülle im Allgemeinen in guter Verbindung mit der Erde steht. So werden eine grosse Menge der im Vorstehenden aufgeführten Ableiter nur zum Schutze von Telephonen oder Kabeln benutzt, andere sind wieder direct nur zum Schutze der Zuleitungen an den Stangen construirt.

Zum besonderen Schutze der Telephonstellen, Aemter oder Sprechstellen, sind ziemlich alle Constructionstypen verwandt. In der Mehrzahl sucht man aber die Spannungen, welche zu schädlichen Strömen Anlass geben könnten, durch saugende Wirkung ohne starke Funkenerscheinung zu verhüten und gleichzeitig für Abschalten der Telephonstelle zu sorgen.

Einrichtungen, die nur auf Abschaltung der Telephonleitungen durch Schmelzen beruhen, finden sich unter Nr. 6, 7, 8, 10. Viel zweckmässiger sind diejenigen, die gleichzeitig eine Entladung der Spannung zur Erde ermöglichen, insbesondere in Form der Spindelblitzableiter Nr. 79 bis 85. Gegenüberstellen von Spitze und Platte haben für Telephon Nr. 36, 48, 74, von Platten allein Nr. 62 und 68, bei letzterer Einrichtung gleichzeitig auch Benutzung der Schmelzung.

Für die Ueberführungsstellen nach Kabelleitungen sind Nr. 45, 50, 57, 80, 87 bestimmt. Alle suchen die Spannungen durch langsame Entladung, bald zwischen Spitzenkämmen, bald zwischen Schneiden,

Digitized by Google

bald zwischen Leitungsdrähten umgebenden Metallcylinder mit Spitzen auszugleichen. Auch hier tritt als weiterer Schutz eine Abschaltung durch Abschmelzen hinzu.

93. Eine bedeutende Erhöhung der Sicherung gegen Blitzgefahr giebt die Benutzung von metallenen Kabelhäusern, in welche die Leitungen eingeführt werden, und in denen die Verbindungsstelle der oberirdischen und unterirdischen Leitungen sich befinden (Lodge).

Speciell zum Schutze der oberirdischen Leitungen sind die Stangenblitzableiter Nr. 42, 43, 44 und 55, 56, 57, 64, von denen die ersten drei Spitzenanordnung, die letzten Platten besitzen. Ferner sind hierhin zu rechnen die Schutzdrähte Nr. 88.

Digitized by Google

Zweiter Theil.

Fünftes Capitel.

Einrichtungen zur Verstärkung der Wirkung des Blitzableiters durch Selbstinduction.

Die Selbstinduction kann in hervorragender Weise benutzt werden, um schädliche Blitzschläge von den zu schützenden Apparaten fern zu halten. Bekannt ist das Faraday'sche Ω; ein Versuch, der zeigte, dass bei einer schleifenförmigen Leitung von obiger Gestalt eine plötzliche Entladung lieber direct von a nach b in Funkenform übergeht, als den Weg über die metallische Leitung nimmt. Die schützende Wirkung aller Blitzableiter mit Unterbrechungsstellen beruht ja hierauf.

Bei der Anordnung solcher Verstärkungsvorrichtungen für Ableiter muss man nur beachten, dass jede Selbstinduction bei intermittirendem Nutzstrom auch den letzteren wesentlich beeinflusst, allerdings bedarf man für die Zwecke des Blitzschutzes bei den kolossalen Aenderungen in der Blitzentladung nur eines geringen Grades von Selbstinduction.

Einer der eifrigsten Verfechter des Gedankens, diese schützende Wirkung der Selbstinduction zu verwerthen, ist Oliver Lodge. Er hat nach und nach dem Ableiter verschiedene Formen gegeben, welche alle eine Verbindung von Spitzenblitzableitern mit eingeschalteten Spiralen von grossem inductiven Widerstande enthalten. Die nachfolgenden Figuren stellen schematisch einige dieser Anordnungen dar (El. W. 15, 334).

Fig. 61.

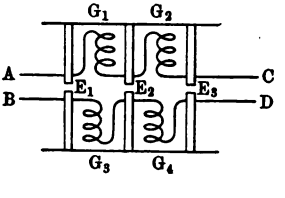
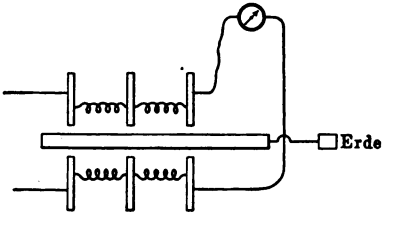


Fig. 62.



94. In Fig. 61 liegen z. B. A und B an den beiden Zuleitungen, von denen die eine zur Erde führt, C und D sind mit den zu

Digitized by Google

schützenden Apparaten verbunden; durch die elektromotorische Gegenkraft der Spulen G_1 G_2 soll die Entladung bei plötzlichem Anschwellen der Spannung, bezüglich einem Blitzschlage gezwungen werden, erst bei E_1, dann bei E_2 u. s. f. überzugehen, ohne die Apparate zu erreichen.

95. Eine andere Anordnung zeigt Fig. 62 (a. v. S.) und in der praktischen Ausführung Fig. 63.

96. Für Kabel, deren Enden nach Lodge in ein allseitig metallisch geschlossenes Gehäuse einzuführen sind (Nr. 93), wird bei dem Ableiter Nr. 97 der eine an Erde liegende Satz von Spulen unterdrückt;

Fig. 63.

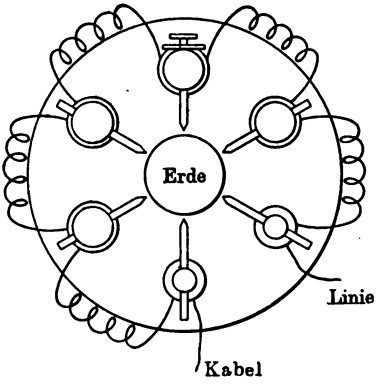
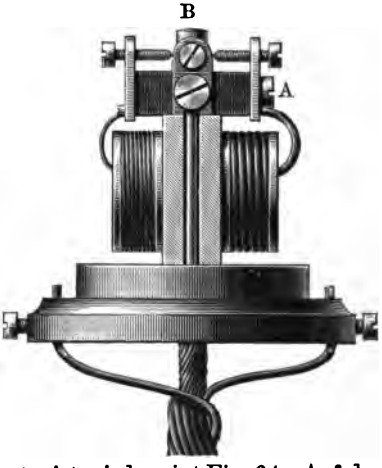


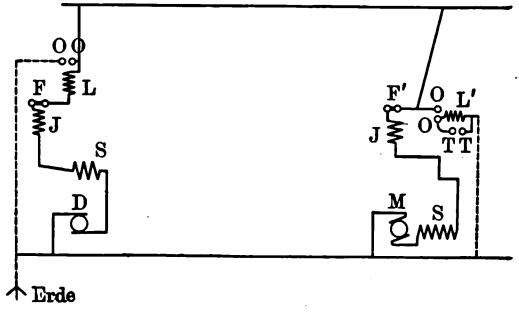
Fig. 64.



die Form, in welcher der Ableiter construirt wird, zeigt Fig. 64. Auf der Grundplatte sitzt ein das Ganze einschliessendes Metallgehäuse. Das Kabelende geht nach der unteren Klemme in Mitte der Fig. 64, die metallenen Schutzdrähte an das Metallgehäuse. Die Aussenlinie führt zu *A*. Klemme *B* wird mit dem Gehäuse und der Erde verbunden (Lodge 420).

97. Die Einschaltung solcher Spulen werden in mehreren der im Nachfolgenden zu beschreibenden Ableitern für Starkstromleitungen wiederkehren. Es sei schon hier auf eine Anordnung hingewiesen, auf welche Rie sich das U. S. P. Nr. 440654 hat geben lassen, welche aber nichts anderes wie eine Zusammenstellung solcher inductiven Schutzspulen *SJL* (Fig. 65) mit

Fig. 65.

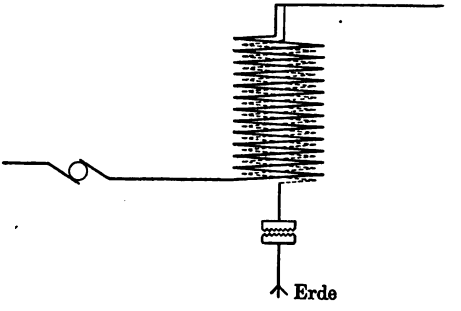


Digitized by Google

Funkenstrecken OO, TT und Schmelzdrähten F enthält. D ist die Dynamo, M der zu treibende Motor. Die Spulen L und L' haben zugleich den Zweck, den Kurzschlussfunken elektromagnetisch auszublasen (vgl. das spätere Cap 8).

98. Ferner sind hierin verschiedene Vorschläge zu rechnen, welche von Elihu Thomson nach einander, insbesondere für den Schutz von Dynamomaschinen angegeben sind. Nach dem Blitzschutz Thomson Houston (D. R.-P. Nr. 61183; E. Ztschr. **13**, 304; Lum. él. **42**, 308) soll die Blitzentladung eine der Dynamomaschine entgegenwirkende elektromotorische Kraft erzeugen. Zu dem Zwecke ist (Fig. 66) zwischen Dynamo und Linie eine Spule mit wenigen Windungen, etwa 20, geschaltet, in welcher sich eine auf der einen Seite mit der Linie, auf der anderen Seite mit dem Plattenblitzableiter verbundene Spirale von noch weniger Windungen, etwa 12, befindet. Beim Durchgang der Blitzentladung durch letztere Spule wird in der sie umgebenden eine elektromotorische Gegenkraft erzeugt, welche den Strom von dem Blitzableiter zurückdrängt. Bei einer anderen Ausführung ist die zweite Spule um die Erregerspulen der Dynamo selbst gewickelt, wobei der eine Pol der Dynamo zur Erde abgeleitet ist und der Blitzableiter aus mehreren gegenüberstehenden Platten besteht. Bei einer dritten Schaltung liegen die beiden Spulen in Hintereinanderschaltung. An dem freien Ende der inneren Spule ist die Dynamo angelegt, an dem der äusseren Spule die Leitung. Von der Verbindungsstelle der beiden Spulen geht eine Ableitung zum Plattenblitzableiter, ein zweiter Plattenblitzableiter liegt zwischen Dynamo und der Spule.

Fig. 66.

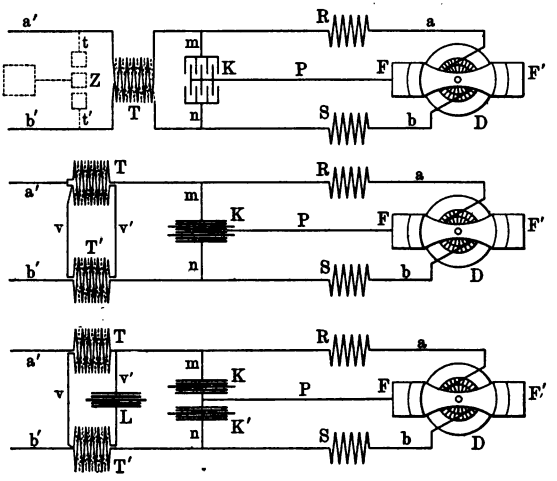


99. Eine weitere Ausbildung zeigt die Anordnung Thomson, Fig. 67 (a. f. S.) (Lum. él. **52**, 37), welche auf dem Gedanken beruht, durch die plötzliche Entladung in Inductionsspulen Spannungen zu erzielen und diese in solcher Weise auf die zu schützende Dynamo zu vertheilen, dass in den einzelnen Theilen der letzteren keine wesentlichen Potentialunterschiede auftreten können. Zu diesem Zwecke gehen die Leitungen $a'b'$ durch eine Doppelspule T über kreuz nach ab. Ein Plattenblitzableiter Z giebt den ersten Schutz. In den Leitungsstrecken ab sind zwei Spulen R und S von starker Selbstinduction eingeschaltet, von welchen Abzweigungen nach einem Doppelcondensator führen. Die mittleren Condensatorplatten K sind mit dem Metallgestell des

Digitized by Google

Erregers verbunden. Tritt eine Entladung von a' nach a auf, so inducirt diese eine Entladung von gleichem Potential von b' nach b, so dass diese Entladungen sich in Bezug auf die Dynamo beinahe neutra-

Fig. 67.



lisiren. Die Ladungen der Linie gehen ausserdem wegen der Selbstinduction der Spulen auf die Condensatorplatten K und laden dadurch das Erregergestell FF' zum gleichen Potential, wie der Inductor geladen wird. Die Figuren zeigen einige Abänderungen der Schaltung.

Digitized by Google

Dritter Theil.

Starkstromblitzableiter.

Zu den Blitzableitern für Schwachströme, wie solche im vorigen Capitel dargestellt sind, müssen im Allgemeinen bei Starkströmen Einrichtungen hinzutreten, die den Kurzschluss aufheben, der sich bildet, indem der übergegangene Blitzfunke eine Brücke für die Ableitung des Starkstromes selbst zur Erde bildete.

Es sind neben diesen auch Ableiter vorgeschlagen und auch theilweise praktisch erprobt, bei welchen die Entstehung eines Kurzschlussfunkens überhaupt ausgeschlossen ist, weil keine unterbrochene Stromleitung vorhanden ist. Das erste der folgenden Capitel enthält diese Anordnung. Die folgenden Capitel enthalten die Anordnungen zur Aufhebung des Kurzschlussfunkens, und zwar

Cap. 7. Einrichtungen mit Funken in isolirenden Umgebungen von besonderer Art.
„ 8. Einrichtungen, welche durch elektromotorische Gegenkraft wirken.
„ 9. Einrichtungen, auf Untertheilung des Funkens beruhend.
„ 10. Einrichtungen mit directer mechanischer Bewegung der Theile, zwischen denen Funken übergehen.
„ 11. Einrichtungen mit mechanischer Bewegung durch den Elektromagnet.
„ 12. Einrichtungen mit Abreissvorrichtungen durch Erwärmung fester Körper.
„ 13. Solche durch Erwärmung von Luft.
„ 14. Einrichtungen, welche auf dem Verhalten des Funkens im magnetischen Felde beruhen.
„ 15. Einrichtungen, beruhend auf elektrodynamischer Wirkung.

Die Leichtigkeit, mit welcher Kurzschlussfunken vermieden werden, ist, abgesehen von der Spannung des Starkstromnetzes, davon abhängig,

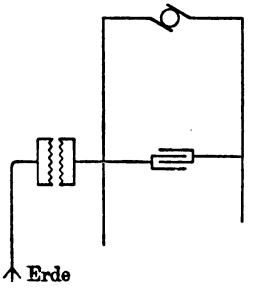
Digitized by Google

ob Wechselstrom- oder Gleichstromfunken vorliegen. Erstere sind ungleich leichter auszulöschen. Daher wird bei verschiedenen Ableitern auch die Bemerkung zu finden sein, dass diese für Wechselstrom oder Gleichstrom bestimmt sind.

Zur Vermehrung des Schutzes treten neben den besonders ausgebildeten, im Folgenden zu besprechenden Ableitern vielfach Ableiter nach den in den vorhergehenden Capiteln erörterten Arten hinzu.

100. Es ist für die Schaltung derselben z. B. darauf hinzuweisen, dass nach Waterhouse (U. S. P. Nr. 475645; F. E. 6, 384) die Erdplatte zwischen zwei Platten liegt, von denen je eine mit einer der von der Dynamomaschine kommenden Leitung in Verbindung steht. Ein Blitzschlag schliesst daher die Maschine kurze Zeit; zur Unterbrechung dieses Kurzschlusses ist dann eine der im Cap. 11 zu besprechenden Einrichtungen vorgesehen.

Fig. 68.



101. Wenn in vorstehender Weise zwei Zuleitungen durch zwei Platten mit zwischenliegender Erdplatte geschützt werden sollen, so sind die Abstände der beiden Platten von der Erdplatte nicht gleich zu erhalten, so dass der eine Zweig bei einer atmosphärischen Entladung eher zur Erde entladen wird und daher einen Erdschluss herbeiführt. Um das zu vermeiden, schaltet Wurts (U. S. P. Nr. 497508), Fig. 68, beide Leitungen an denselben Ableiter, bei dem einen aber unter Einschaltung eines Condensators.

Sechstes Capitel.

Einrichtungen mit Nebenschliessung von sehr hohem Widerstande.

Ein hierhin gehöriger Ableiter ist der unter Nr. 92 beschriebene von Elihu Thomson.

102. Ein anderer rührt von Wood her. Derselbe (U. S. P. Nr. 473045) legt an die Leitung einen auf einer isolirenden Platte befestigten Cylinder von schlecht leitendem Material, der auf einer Stelle zur Erde abgeleitet ist.

Die in der Praxis am häufigsten verwendeten Ableiter dieser Art sind die von Wurts.

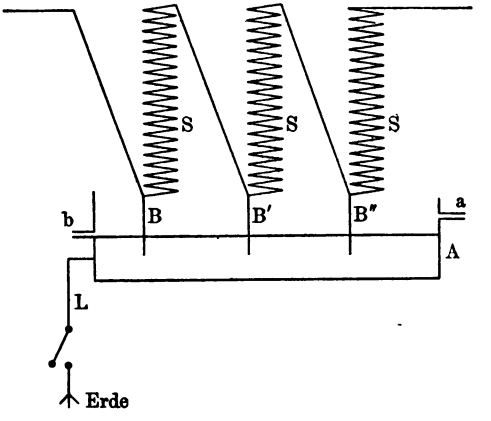
103. Bei dem ersten derselben (U. S. P. Nr. 476855) wird die Leitung direct durch ein Gefäss mit metallischen Wänden, das mit

Digitized by Google

Wasser gefüllt ist und an Erde liegt, hindurchgelegt. Die gebräuchlichste Form dieser sogenannten Tankblitzableiter ist in U. S. P. Nr. 497 397 oder Lum. él. 51, 419 enthalten (Fig. 69).

104. In einen Wasserbehälter A tauchen die Kohlenelektroden B; zwischen je zwei benachbarten dieser Elektroden ist eine Inductionsspule S eingeschaltet, wobei alle Inductionsspulen in Reihen mit der Maschine vor der letzteren angeordnet sind. In den Trog fliesst bei a Wasser ein, das bei b abströmt. Der Trog A ist mit der Erde verbunden unter Einschiebung eines Schlüssels, der nur bei Gewitter geschlossen wird. Das Wasser lässt man auch nur beim Gewitter zu- und abfliessen, hauptsächlich um die leitenden Unreinlichkeiten von der Oberfläche wegzunehmen und so Erdschluss zu vermeiden. Der Blitzableiter ist namentlich in Transvaal viel im Gebrauch und soll gute Dienste leisten. Die Selbstinductionen der Spulen S zwingen den Blitzschlag sich zunächst über B, dann bei stärkerer Wirkung auch über B' u. s. f. zu entladen. Verschiedene hinter einander geschaltete, stark inductive Spulen wählt Wurts auch deshalb (Lum. él. 51, 620), weil er annimmt, dass sich bei einem Blitzschlage auf der Leitung bei den eintretenden elektrischen Schwingungen Knotenpunkte bilden und dann bei einer Spule der Ableiter gerade in einem solchen Knotenpunkte liegen könnte, also unwirksam sein würde.

Fig. 69.



Andere hierhin gehörige Anordnungen von Wurts sind in den (U. S. P. Nr. 497 508, 497 509, 497 907) angegeben.

105. Die Leitung wird danach mit einer in der Erde vergrabenen Masse aus zerkleinertem Metall verbunden. Bei einfacher Leitung wird auch ein Condensator in eine Ableitung zur Erde gelegt und demselben ein Nebenschluss von hohem Widerstande gegeben. Vergl. auch C. E. Chinnock (U. S. P. Nr. 497 120).

106. Nach Gibbony (U. S. P. Nr. 520 776; Ecl. él. 1, 969; F. E. 8, 594) werden die beiden Hauptleitungen unter einander und mit der Erde durch fallendes Wasser verbunden, das dem Strome einen hohen Widerstand bietet, aber die atmosphärische Entladung zur Erde ableiten soll.

107. Ruddi (U. S. P. Nr. 511 461; F. E. 7, 878) giebt der Dynamomaschine einen Nebenschluss von hohem Widerstande, von

Digitized by Google

dessen Mitte ein Leiter von hohem Widerstande dauernd zur Erde geht.

108. Hierhin gehört schliesslich auch eine Anordnung von Bain (Western El. **11**, 98; F. E. **6**, 603), nach welcher, um einen Kurzschlussfunken zu vermeiden, die Erdplatte eines gewöhnlichen Blitzableiters nicht direct durch dicken Draht an Erde gelegt war. Es führen von den beiden Platten Drähte in das Innere von mit Wasser gefüllten Blechbüchsen, ohne das Metall des letzteren zu berühren. Die Büchsen selbst sind in Coaks eingegraben.

Siebentes Capitel.

Einrichtungen, beruhend auf Umgebung der Funkenstrecke mit einem isolirenden Medium von besonderer Art.

109. Nach (U. S. P. Nr. 474469) will Dickerson die Bildung des Kurzschlusses dadurch ganz vermeiden, dass er die Funkenstelle des Blitzableiters in isolirende Flüssigkeit, hauptsächlich Oel, eintaucht.

110. Solche Umgebung von Oel findet sich auch bei dem später zu erwähnenden Stangenblitzableiter von Siemens. Für Oel nimmt Brown (U. S. P. Nr. 501241) Sand. An Haltern (Fig. 70), die durch einen Rahmen *H* aus isolirendem Material zusammengehalten werden, befinden sich die beiden, von allen Seiten mit Sand umgebenen Kohlenelektroden *BC*, welche mit der Leitung, bezüglich der Erde verbunden sind.

Fig. 70.

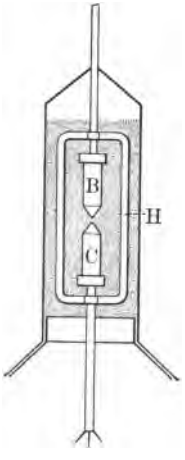


Fig. 71.

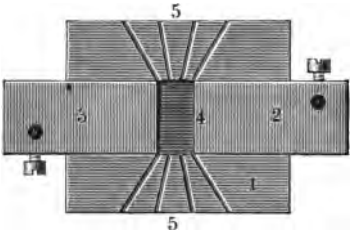
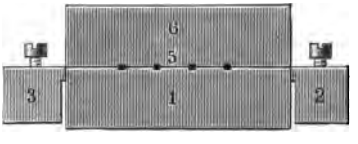


Fig. 72.



Wurts dagegen will den Bogen durch Verringerung des Volumens vermeiden, welches der Ausbreitung des Funkens geboten wird.

111. Es werden nach ihm (U. S. P. Nr. 509784) zunächst für kleine Spannungen zwei Platten auf einem isolirenden Block ziemlich nahe an einander gelegt und mit einem zweiten isolirenden Block zugedeckt. Der geringe Raum, welcher bleibt, soll das Andauern eines

Digitized by Google

Kurzschlussfunkens hindern. Natürlich sind die auf einander liegenden Platten festgeschraubt. Für grössere Spannungen genügt dieser Ableiter nicht, es müssen dann die Platten weiter aus einander gerückt werden. Wurts fand, dass es in diesem Falle ausreichen soll, zwischen den weiter von einander stehenden Platten einen schlecht leitenden Weg durch einen Strich von Graphit oder einen sonstigen grossen Widerstand herzustellen.

112. Nach den Verbesserungen, Fig. 71 und 72 (U. S. P. Nr. 532353 und 532354), werden, um das Auseinanderschleudern der Holzblöcke ganz zu hindern, an den Enden der eingebrannten Striche 4 zwischen den Zuleitern 2 und 3 kleine Furchen 5 eingegraben, durch welche die erwärmte Luft entweichen kann.

Ferner wird der Klotz 6, welcher auf 1 geschraubt wird, von sehr faserigem Material genommen, so dass die Fasern die Brücke zwischen den Platten 2 und 3 bilden.

113. Auch Siemens und Halske haben eine ähnliche Sicherung, indem ein zwischen Holzstücke eingeschlossener Stanniolstreifen eingeschaltet wird. Das Ganze wird mit Papier umklebt, so dass ein Luftzutritt unmöglich ist. An solchen Sicherungen war für eine normale Stromstärke von 5 Ampère bei 1500 Volt nach dem Durchbrennen äusserlich keine Veränderung erkennbar, so dass man nach Mitteln suchen musste, an denen man sehen konnte, ob eine Sicherung noch in Ordnung war oder nicht (E. Ztschr. 17, 513).

Achtes Capitel.

Benutzung von elektromotorischen Gegenkräften, um die Starkstrommaschine zu schützen und den Kurzschluss zu vermeiden.

114. Hierhin gehört Holcombe (El. New-York 4, 87; F. E. 1890, 613). Eine besondere Batterie mit der Spannung der zu schützenden Maschine wird mit dem einen Pole an die Leitung, mit dem anderen an Erde gelegt. Die Batterie besteht bei Wechselstrom aus dünnen Bleiplatten von 900 qcm Fläche, die in Schwefelsäure gelegt und formirt werden. Nach Formirung wird die Säure durch Zinkvitriol ersetzt. Dünne Papierstreifen trennen die einzelnen Bleiplatten. Bei Gleichstrom werden Kohlenplatten an Stelle von Bleiplatten verwendet.

115. Auch E. Thomson wendet (U. S. P. Nr. 454672) galvanische Elemente aus Metallplatten und feuchten Zwischenlagen als gegenelektromotorisch wirkend an. Doch soll nach ihm diese Gegenbatterie vor oder hinter einen Plattenblitzableiter geschaltet werden.

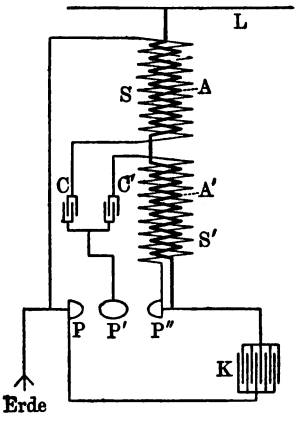
Digitized by Google

Bei Wechselströmen vertreten Inductionsspulen diese Gegenbatterie (siehe Nr. 98 und 99).

Gleiches hat Osborne (U. S. P. Nr. 486498).

Die Selbstinduction wird von Thomson auch dazu benutzt, die Funkenlänge für die Entladung der atmosphärischen Elektricität so gross zu machen, dass der Maschinenstrom einen Kurzschlussfunken nicht aufrecht halten kann, während doch gleichzeitig eine theilweise Entladung über die Maschine ausgeschlossen ist. Zu dem Zwecke wird die Schaltung nach Nr. 98 in etwas anderer Weise unter Hinzufügung von Condensatoren benutzt.

Fig. 73.



116. Zwischen Linie und den Funkenstrecken ist nämlich eine Inductionsspule mit einer dickdrähtigen Spule AA' eingeschaltet (Fig. 73). Die secundäre, feindrähtige Spule SS' hat die gezeichneten Verbindungen mit P' und P'', Erde, sowie dem Condensator K. Eine Ladung von AA' durch einen Blitzschlag wird durch die Inductionswirkung auf SS' den Condensator K laden, der sich bei hinreichender Ladung über $PP'P''$ entladet und so einen Weg für die atmosphärische Elektricität zur Erde bildet. Die Condensatoren CC' dienen hauptsächlich dazu, den Kurzschluss der Linie durch die secundären Drähte S und S' zu hindern.

Neuntes Capitel.

Vermeidung des Kurzschlussfunkens durch Untertheilung.

Eine grössere Zahl von Einrichtungen will die Nachdauer des Funkens dadurch vermeiden, dass an Stelle einer einzigen Funkenstrecke, die eine starke Erwärmung und damit eine hinreichende leitende Brücke für den Starkstrom bildet, viele kurze Funkenstrecken eingeschaltet werden, wie bei der Blitzröhre. Dadurch wird die erwärmende Wirkung vertheilt, die weniger erwärmten Lufttheilchen können an den einzelnen Stellen rascher ihre Temperaturerhöhung verlieren, so dass eine geringere Gefahr für das Zustandekommen einer über alle einzelnen Funkenstrecken reichende Brücke vorliegt.

Solche Untertheilungen sind schon bei dem Schuckert'schen Ableiter Nr. 52 erwähnt.

Es gehören hierhin weiter die sogenannten Säulenblitzableiter.

117. Bei dem von der Central Supply Company in Chicago ver-

Digitized by Google

triebenen Ableiter Wirt werden unter Einlage von dünnen Glimmerscheiben Metallplatten auf einander geschichtet, deren letzte durch Draht *F* mit der Erde verbunden ist, während die erste an die Leitung angeschlossen wird. Die Dicke der Glimmerplatten beträgt 0,0002 Zoll, die Gesammtlänge der Unterbrechungsstellen ist dann $^1/_{20}$ Zoll.

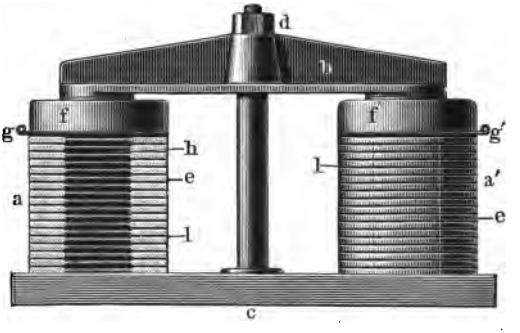
Eine Spannung, welche einen Bogen von 4 Zoll unterhält, soll nicht im Stande sein, diese vielfachen Unterbrechungen zu überbrücken und einen Lichtbogen aufrecht zu halten.

Ein ganz ähnlicher Ableiter ist später von Edison angegeben (U. S. P. Nr. 476 988; F. E. 6, 384), nur dass hier noch ein Schmelzdraht eingeschaltet wird.

Ebenso ähnelt dieser Anordnung der Ableiter von Brown, Boveri u. Co. in Baden (D. R.-P. Nr. 88 242), Fig. 74, welche gestattet, die einzelnen Platten mit Luftisolation sehr nahe an einander zu bringen und doch sicher einen gewissen Abstand zu erhalten.

118. Metallplatten *e* sind bei diesem in der Mitte etwas dünner gehalten wie an den Rändern. In diese Vertiefungen legt man isolirende Platten *h*, so dass durch dieselben die Ränder von *e* nicht berührt werden. Es hat das den Zweck, die Entfernung der beiden Stützflächen, mit welchen jede Isolirstütze beide benachbarten Metallplatten berührt, grösser zu machen, als die Entfernung der Metallplatten dort, wo keine Isolirstützen liegen, wo also Luft die Isolirschicht bildet. Die Figur zeigt einen Ableiter für zwei Leitungen. Durch den Bügel *b* werden die Platten beider Ableiter zusammengehalten. Die Leitung ist mit *f*, die Erde mit *c* verbunden.

Fig. 74.



119. Dieser Form schliesst sich der Ableiter von Mühlendorff (E. Ztschr. 1894, 532) an, bei welchem Platten aus Kohle unter Zwischenschiebung von in Paraffin getränktem Papier auf einander geschaltet sind. Voigt und Häffner nehmen Zinkplatten mit Glimmereinlage (Heim, Elektrische Beleuchtung, S. 469).

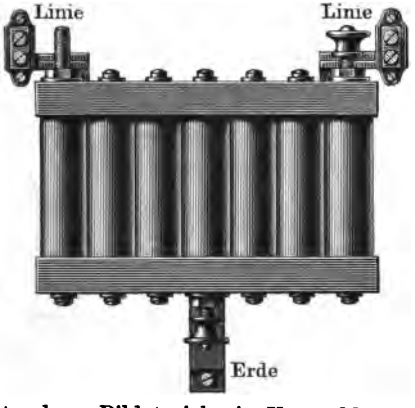
120. Ferner gehört hierhin der Ableiter von Elihu Thomson (E. Ztschr. 1891, 118), bei welchem die über einander geschichteten, isolirt von einander gehaltenen Metallplatten nur noch mit seitlich heraustretenden Kugeln versehen sind. Die Kugeln der auf einander folgenden Platten sind gegen einander versetzt, so dass die Gesammtheit dieser Kugeln eine Spirallinie beschreibt. Die oberste Platte ist an die Leitung angeschlossen, die unterste an die Erde.

Digitized by Google

Bei diesen Säulenblitzableitern springen die Entladungsfunken an den Rändern der Platten über; um diesen Entladungsweg noch mehr zu erleichtern, hat Thomson die genannten Kugeln angeordnet.

Eine andere Form von Säulenblitzableitern zeigen die verschiedenen Gestalten der Ableiter von Wurts. In denselben wird eine Beobachtung des letzteren benutzt, nach welcher der Lichtbogen sich zwischen Metallen verschiedener Art sehr verschieden lange hält. Bei gewissen Metallen, wie namentlich Zink, erlischt der Bogen sofort; wie Wurts vermuthet, wegen der Bildung des nicht leitenden Zinkoxyddampfes. Solche Metalle werden „non arcing" (keinen Bogen haltende) genannt. Jedoch beschränkt sich dieser Schutz thatsächlich nur auf Wechselstrombogen. Lichtbogen bei Gleichstrom gehen auch zwischen solchen Metallen leicht über und brennen dieselben wegen ihres niedrigen Schmelzpunktes sofort aus.

Fig. 75.



121. Eine der älteren Formen (El. W. 19, 245), Fig. 75, zeigt zwischen zwei Stäben mit starker Wärmeausdehnung sieben sich für gewöhnlich berührende Metallwalzen, aus dem vorstehend genannten Material. Die Walzen sind von den Stäben isolirt, oder es sind die Stäbe aus isolirendem Material. Die äussersten Walzen werden mit der Leitung verbunden, die mittelste liegt an Erde unter Einschaltung einer Luftstrecke. Bildet sich ein Kurzschlussfunken, so dehnen sich die Stäbe aus, so dass zwischen je zwei benachbarten Walzen eine Funkenstrecke entsteht, wodurch der Funke abbricht.

122. In der neueren Ausführung (U. S. P. Nr. 492548) berühren sich die Walzen nicht mehr, stehen um Bruchtheile eines Millimeters von einander ab, sind ferner gezahnt. Die beiden äussersten Walzen liegen an den beiden Fernleitungen, die mittelste an Erde. Es werden den Umständen nach mehrere solcher Ableiter eingeschaltet mit Einschiebung von inductiven Spulen zwischen den einzelnen Ableitern, wie bei dem Tankableiter.

123. Ganz ähnlich ist der Aufbau des Ableiters von Wirt (El. W. 29, 596), Fig. 76 und 77. Hier stehen sich zwei grössere metallische Cylinder, jeder 2 Zoll Durchmesser und 2 Zoll lang, dicht einander gegenüber mit einer Luftstrecke von $^1/_{33}$ Zoll zwischen sich. Der eine Cylinder liegt an Erde, der andere ist unter Zwischenschaltung eines geringen inductionsfreien Graphitwiderstandes mit der Leitung ver-

Digitized by Google

bunden. Bei einer Blitzentladung sollen sich in Folge der Einschaltung des Graphitwiderstandes die Metalle nur wenig erhitzen, was zur Folge hat, dass auch der Luftraum zwischen den Metallen nicht heiss gehalten wird. Der Bogen selbst wird durch die Umkehr des Wechsel-

Fig. 76.

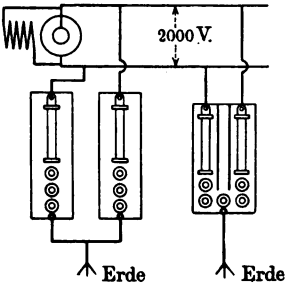
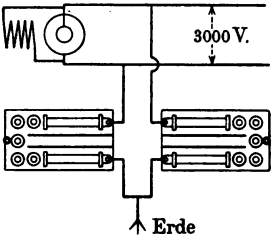


Fig. 77.



stromes ausgelöscht. Es sollen viele solche Blitzableiter in den Wechselstromanlagen der General Electric Company verwandt sein. Die Abbildungen zeigen die zur Erhöhung des Blitzes gewählte Schaltung mehrerer solcher Ableiter.

124. Eine weit verzweigte Untertheilung will Elihu Thomson (U. S. P. Nr. 468997) dadurch erzielen, dass als Blitzableiter eine Platte aus isolirendem, plastischem, aber erhärtendem Material genommen wird, in welches regellos eine grosse Zahl von Metallstücken eingepresst werden.

125. In einer anderen Art von Untertheilung nimmt Wurts (U. S. P. Nr. 509783) mehrere Funkenstrecken neben einander und hinter jeder einen grossen Widerstand, der Widerstand muss nur kleiner sein, wie der der Isolation des Dynamo. Wenn zum Durchschlagen der Isolation 6000 Volt nöthig sind, so muss jeder Funke am Blitzableiter bei 3000 Volt erscheinen, was einer Entfernung von $^3/_{64}$ Zoll entspricht. Um einen Bogen über diese Brücke erhalten zu können, muss der Strom $^1/_4$ Ampère stark sein. Daher ist der Widerstand so zu bemessen, dass dieser Strom nicht zu Stande kommen kann, hat also bei einer Klemmenspannung von 500 Volt mehr wie 2000 Ohm betragen.

Zehntes Capitel.

Directes mechanisches Abreissen des Kurzschlussfunkens.

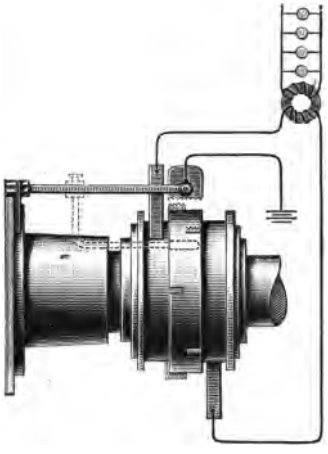
Zur Aufhebung des entstandenen Kurzschlussfunkens werden in einer grossen Zahl von Ableitern die Theile, zwischen welchen der Funke überspringt, von einander entfernt, so dass die Funkenlänge

Digitized by Google

hinreichend vergrössert wird, dass schliesslich die vorhandene Spannung nicht mehr ausreicht, die Funkenstrecke zu überbrücken. Am einfachsten gestaltet sich dieses, wenn man direct an dem Stromerreger oder irgend einem anderen mechanisch angetriebenen Theile den Blitzableiter unterbringt.

126. Bei dem Blitzableiter Wurts für Wechselstrommaschinen (U. S. P. Nr. 465956; El. W. 19, 235), Fig. 78, wird von den beiden gezahnten Entladungsplatten die eine durch die Dynamo dauernd gedreht, und kommt der feststehenden in dem Moment gegenüber zu stehen, wo in der Welle der elektromotorischen Kraft der Maschine ein neutraler Punkt passirt wird.

Fig. 78.



127. Für die Gleichstrommaschinen wird zu demselben Zweck ein (El. W. 19, 135) Contactring mit sechs Contactflächen vorgesehen, von denen je zwei gegenüberliegende unter einander verbunden sind. Gegen diese Contacte drücken zwei rasch umlaufende Bürsten; die eine in Verbindung mit der zu entladenden Linie, die andere mit der Erde. Ferner ist mit jedem der drei Paare von Contactflächen die innere Belegung eines Condensators verbunden, dessen äussere Ableitung zur Erde geht. Die Linie entladet sich somit mittelst des einen Contactarmes abwechselnd in die einzelnen Condensatoren, die durch den anderen Contactarm entladen werden.

Praktische Versuche sind mit diesen Ableitern nicht gemacht worden.

128. Eine Abänderung von Scott und Alex. Wurts (U. S. P. Nr. 470013) besteht darin, dass eine oder mehrere mit der Erde in Verbindung stehenden Platten dauernd rotiren und an einer oder mehreren mit der Linie in Verbindung stehenden Platten vorbeistreifen.

Elftes Capitel.

Auslöschung des Kurzschlussfunkens durch mechanische Wirkung mit Hülfe von Elektromagneten.

Ausserordentlich zahlreich sind die Vorrichtungen, welche dieser Gruppe angehören. Sie stellen sich aber alle dar als Abänderungen von wenigen Typen. Der grösste Theil sucht in der Weise zu wirken,

Digitized by Google

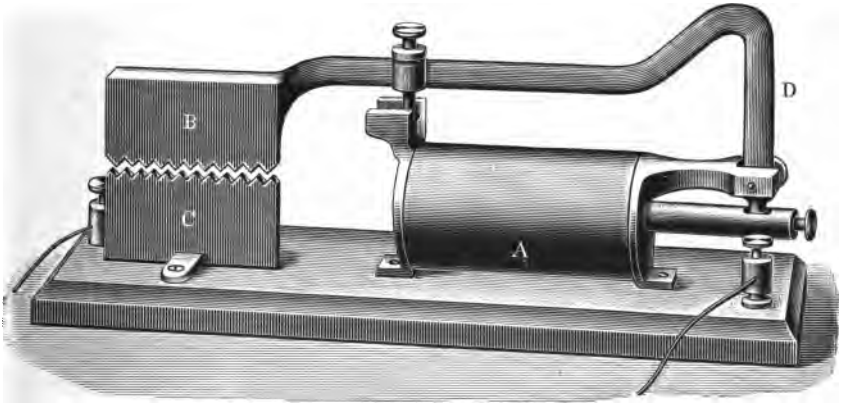
dass durch die Erregung oder Entmagnetisirung eines Elektromagneten bei Eintritt eines Kurzschlussbogens die Elektroden, zwischen welchen der Bogen entsteht, von einander entfernt werden, so dass der Bogen sich verlängert und schliesslich wegen mangelnder Spannung abreisst. Eine andere Art will die Zerstörung des Bogens dadurch erreichen, dass durch den Elektromagneten ein isolirender Körper in den Bogen eingeschoben wird.

Die einzelnen Anordnungen unterscheiden sich danach, ob die Erregung des Elektromagneten oder die Entmagnetisirung benutzt wird. In letzterem Falle liegt der Elektromagnet dauernd im Stromkreise der zu schützenden Leitung; in ersterem dagegen wird der Elektromagnet erst bei Eintritt des Kurzschlusses erregt, indem von einer der eingeschalteten Funkenstrecken eine Zweigleitung zum Elektromagneten geht, oder indem ein zwischen der Funkenstrecke und der Erde oder Funkenstrecke und der Leitung liegender Elektromagnet zur Wirkung kommt. Diese verschiedenen Schaltungen unterscheiden sich in ihrer Wirkung durch den inductiven Widerstand, welchen der Elektromagnet dem Durchgange der Entladung entgegensetzt.

Es folgen zunächst die Einrichtungen, welche das Erlöschen des Funkens durch Bewegung der Elektrode selbst bewirken.

129. Bei dem Law-Blitzableiter (El. W. **12**, 172; Lum. él. **30**, 143), Fig. 79, stehen sich zwei gezahnte Kohlenplatten *C* und *B* dicht

Fig. 79.



einander gegenüber, von denen *C* an Erde liegt, während die an einem Hebel *D* befestigte Platte *B* mit der Leitung verbunden ist. Von der Platte *C* führt die Leitung erst über den Elektromagnet *A* und dann zur Erde. Der bei einem Blitzschlage zwischen *B* und *C* überspringende Funke bildet zunächst die Bahn für den Nebenschluss des Linienstromes auch über *B C*. Der Linienstrom umkreist den Elektromagnet, so dass der Anker *E* angezogen und dadurch der Hebel *D*

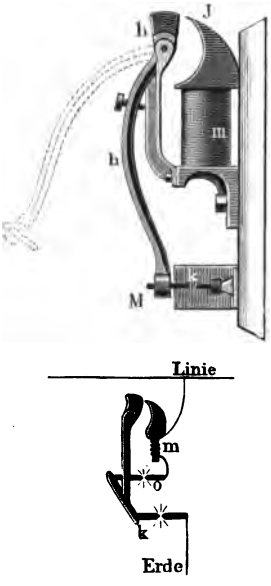
Digitized by Google

gedreht, somit B von C entfernt wird. Uebrigens ist eine ganz ähnliche Anordnung schon 1885 von Elihu Thomson angegeben.

Ganz ähnlich ist der Perfect Protection-Ableiter, benutzt von der Electric Supply Company of Chicago (El. W. **15**, 114); ferner Wurdeck (U. S. P. Nr. 500454); Garton (El. W. **27**, 253; El. Ztschr. **14**, 668).

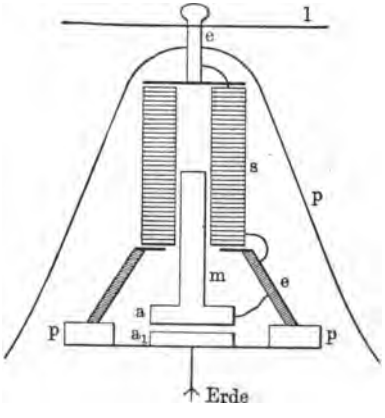
130. Der Ableiter Turbaye (Lum. él. **49**, 578) (U. S. P. Nr. 500828), Fig. 80, hat folgende Einrichtung. Der Elektromagnet m liegt in der Ableitung und reisst durch Anziehung des Hebels h den zwischen Kohlen bei k überspringenden Funken ab.

Fig. 80.



Eine vielfach namentlich für Stangenblitzableiter, z. B. von der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft Berlin, früher auch von Siemens u. Halske benutzte Anordnung zeigt schematisch Fig. 81.

Fig. 81.



131. p ist hier eine Porcellanglocke, e ein metallener Stab, l die Leitung, s ein Solenoid mit dem Eisenkern m, an welchem die Platte a eines Plattenblitzableiters sitzt. Die andere Platte a_1 ist mit der Erde verbunden. Ein starker Strom durch s bewirkt Anziehung von m und somit Abreissen des Funkens zwischen a und a_1.

132. Eine besondere Wirkung will Garton (U. S. P. Nr. 488002; F. E. **6**, 819) durch folgende im Wesentlichen mit Nr. 131 bis auf einen Punkt gleiche Anordnung erzielen.

Ein in die Leitung eingeschlossener Eisenkern ist in einer zu den Blitzplatten führenden Abzweigung der Leitung beweglich. Der Eisenkern ruht auf einer Kohlenplatte, welche den Boden einer Kammer bildet, unterhalb welcher eine zur Erde geleitete Platte liegt.

Digitized by Google

Bei einem Blitzschlage wird der Eisenkern emporgezogen; der sich bildende Lichtbogen soll aber verlöschen, weil die Führungsstange des Eisenkernes die Kammer abschliesst und deshalb kein Sauerstoff von aussen eindringen kann.

133. In der von der Central Electric Company in Chicago 1890 (Lum. él. 34, 275 und 35, 293) benutzten Einrichtung wird an beide Pole der Dynamo ein Blitzableiter angeordnet, bei welchem ein Zweig von der Leitung zunächst über einen Elektromagneten nach zwei gegenüberstehenden Kohlen führt, von denen die erste fest am Gestelle des Apparates sitzt, während die andere mit dem Anker des Elektromagneten beweglich ist. Dieser Anker hält den Hebel *h* zurück, der ein Gewicht zu drehen sucht. Der Blitzschlag nimmt seinen Weg über den Elektromagneten, die Kohlen, den Ankerhebel, den letzten Gewichtshebel *h* zur Erde. Durch Anziehen des Ankers werden zunächst die Kohlen von einander getrennt; dann wird bei länger andauernder Stromwirkung der Anker so weit gedreht, dass der Hebel *h* frei wird, unter Wirkung des Gewichtes eine Umdrehung macht, wobei der Stromkreis zur Erde unterbrochen wird, also der Funken abreisst. Der Anker schnellt zurück und fängt den Hebel *h* wieder auf, so dass die Vorrichtung wieder bereitgestellt ist.

Der Berichterstatter in Lum. él. befürwortet, dass der Elektromagnet nicht zwischen Linie und Ableiter, sondern zwischen Ableiter und Erde gelegt werden soll.

Dasselbe hat Cheney (U. S. P. Nr. 387051; El. W. 12, 76).

Die zur Auslösung eines Kurzschlusses eingeschalteten Elektromagnete erfordern, falls dieselben in dem Hauptstrome liegen, eine gewisse Menge Energie. Um diese herunter zu drücken, wird von H. Lemp folgende Schaltung angewandt (U. S. P. Nr. 409689).

134. Auf dem wirksamen Eisenkern sind zwei entgegengesetzte gewundene Solenoide *D* und *E* angebracht; zwischen beiden geht die Leitung zur Erde ab. Parallel zu der Spule *D* ist ein nicht inductiver grosser Widerstand, etwa eine Funkenstrecke. Beim gewöhnlichen Nutzstrome heben sich die Wirkungen der beiden Spulen auf. Eine Blitzentladung findet ihren Weg über die zu *D* parallel geschaltete Funkenstrecke zur Erde, indem sie durch die Selbstinduction der Spule *E* vom Dynamo fern gehalten wird; der erzeugte Kurzschluss der Maschine aber geht über *E* zur Erde und lässt dann den Elektromagneten wirken, entweder mechanisch den Lichtbogen zerreissen oder magnetisch ausblasen.

Hierbei ist auch das gebräuchliche Hülfsmittel angewandt, dem durch die Selbstinduction der Elektromagnetspulen hervorgerufenen Uebelstand, dass die Blitzentladung in die Leitung zurückgedrängt wird, dadurch zu begegnen, dass ein inductionsloser Nebenschluss zu dem Elektromagnet, entweder in Gestalt eines Funkens oder eines grossen

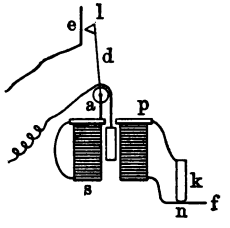
Digitized by Google

Widerstandes aus Kohle u. s. f. gelegt wird. Die Blitzentladung nimmt ihren Weg ganz über diesen Nebenschluss. Der nachfolgende Kurzstrom dagegen wird, auch wenn er intermittirend sein sollte, doch einen genügenden Theil über den Elektromagneten senden.

135. Solche Anordnung finden sich F. E. 6, 819; El. Eng. 31, 615; dann Schweiz. Pat. 6624.

136. Ebenso Kiehholtz (U. S. P. Nr. 384042; El. W. 11, 312), Fig. 82. Von der Linie zweigt ein Draht zum Ableiter ab. Bei *n* verzweigt sich der Stromweg, der eine Weg über die Kohle *k* zur Platte *p*, der andere durch das Solenoid *s* von grosser Selbstinduction auch zur Platte *p*. Auf dieser ist eine Schnurscheibe *a* gelagert, an deren Achse ein Hebel *d* mit einer Spitze *l* befestigt ist. Die Platte *e* ist mit Erde verbunden. Die Blitzentladung geht von der Leitung über *f*, *k*, *p*, *a*, *d*, *l* zur Erde *e*, der nachfolgende Kurschlussstrom geht zum Theil auch durch das Solenoid *s*, so dass der Eisenkern angezogen und dadurch *a* gedreht, mithin der Kurzschlussfunken unterbrochen wird.

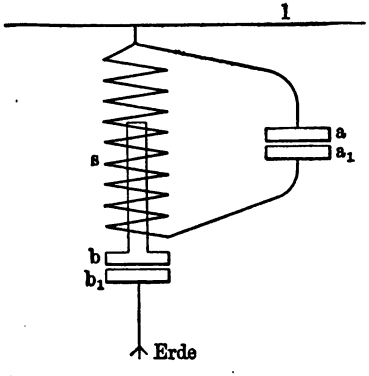
Fig. 82.



Aehnlich Belfield (U. S. P. Nr. 404154).

137. E. Thomson (U. S. P. Nr. 418249) hat nur die Aenderung in der Schaltung, dass durch einen im Nebenschluss zum Plattenblitzableiter gelegten Elektromagneten eine Elektrode bewegt wird, die in der Hauptleitung liegt, deren Bewegung also den Hauptstrom unterbricht. Der sich hier bildende Funke wird noch magnetisch ausgeblasen (siehe später). Selbstverständlich ist ausser der Funkenstrecke im Plattenblitzableiter noch eine zweite vorhanden.

Fig. 83.



138. Der von Siemens und Halske neuerdings benutzte Stangenblitzableiter (Fig. 83, 84, 85) legt aus gleichem Grunde den Elektromagneten in einen Nebenschluss zu einer Funkenstrecke. Eine zweite kleine Funkenstrecke hindert den directen metallischen Schluss zur Erde. Fig. 83 zeigt die erste Ausführung, bei welcher der Blitzschlag über die zwei Funkenstrecken aa_1 und bb_1 geht. Bildet sich ein Kurzschluss, so geht ein Zweigstrom zu aa_1 durch das Solenoid *s*, so dass *b* gehoben wird. Eine zweckmässigere Anordnung geben Fig. 84 und 85. Die ganze Vorrichtung liegt in der Isolirglocke *i*. Auf einer Platte sind die beiden Plattenblitzableiter aa_1 und bb_1 aus Kohlenstäben an-

Digitized by Google

gebracht. An der Platte sitzt das Solenoid s mit dem Kerne e, an welchem eine Metallplatte c befestigt ist, die gewöhnlich auf der zur Erde abgeleiteten Platte c_1 liegt. Beide Platten liegen in einem mit Oel gefüllten Gefässe d. Die Spule s liegt im Nebenschluss zur Funken-

Fig. 84.

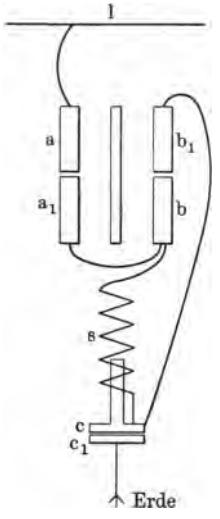
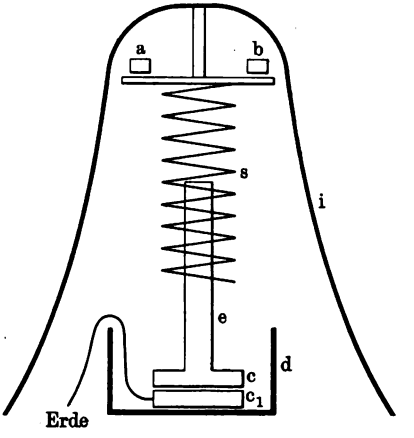


Fig. 85.



strecke bb_1. l ist die Leitung, von welcher der Blitzschlag abgefangen werden soll.

In gleicher Weise benutzt Bacon (U. S. P. Nr. 470734) die Solenoidwirkung.

139. Ebenso der Ableiter G. Wood (U. S. P. Nr. 460289). Bei demselben liegt zwischen zwei Kugeln, von denen die eine mit der Linie, die andere mit der Erde verbunden ist, ein Hebel, der durch einen Elektromagneten in Schwingung versetzt wird. Der Elektromagnet ist zwischen Hebel und der zur Erde abgeleiteten Kugel geschaltet. Der Blitzschlag durchschlägt die beiden Funkenstrecken zwischen Hebel und der feststehenden Kugel. Der nachfolgende Kurzschlussstrom erregt den Elektromagneten, wodurch der Hebel zum Ausschwingen gebracht und so der Kurzschlussfunke unterbrochen wird.

Auch E. Thomson hat unter Anderem in U. S. P. Nr. 493314 eine ähnliche Anordnung angegeben.

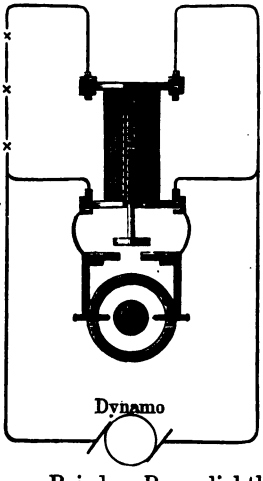
140. In einer Abänderung von Sperry (Lum. él. 21, 92) wird der von dem Elektromagneten angezogene Arm, welcher die Funkenstrecke unterbricht, dadurch wieder in die Ruhelage zurückgebracht, dass bei dem Ausschwingen ein Gewicht sich löst, welches den Arm zurückführt.

Digitized by Google

141. Eine etwas andere Anordnung hat E. G. Müller gewählt (U. S. P. Nr. 472135). Drei Kohlenplatten liegen neben einander, so dass also zwei Funkenstrecken entstehen. Die erste Platte wird mit der Linienleitung verbunden; zwischen den beiden anderen ist ein Solenoid eingeschaltet, dessen Eisenkern auf Quecksilber drückt und dieses so hoch treibt, dass es eine Verbindung zwischen dem Erddraht und einem zu der dritten Kohlenplatte führenden Draht bildet. Wird nun das Solenoid durch den Kurzschluss dauernd erregt, so geht der Kern in die Höhe, das Quecksilber sinkt und die Verbindung mit dem Erddraht wird unterbrochen. Zu bemerken ist noch, dass der Kern dichte Führung hat, so dass kein Quecksilberdampf entweichen kann.

142. Anstatt den Elektromagneten durch den Blitzschlag oder Kurzschlussstrom zu erregen, zieht Horen vor, den Kurzschluss zur Entmagnetisirung zu benutzen (Tel. J. 18, 403). Zu dem Zwecke ist in die Leitung ein Elektromagnet eingeschaltet, der im normalen Zustande seinen Anker angezogen hält. An der Achse dieses ist ein Stab angebracht, welcher, wenn der Anker niedergezogen ist, zwei Platten verbindet, von denen die eine mit dem einen Leitungsstrange verbunden ist, die andere die eine Platte eines Plattenblitzableiters bildet. Die andere Platte des letzteren steht mit dem anderen Leitungsstrange in Verbindung.

Fig. 86.



Beim Blitzschlag bildet sich an dem Blitzableiter ein Kurzschlussbogen, der aber gleichzeitig den Elektromagneten kurzschliesst, so dass dieser unmagnetisch wird, seinen Anker loslässt, der nun den Verbindungsstab dreht und so den Contact unterbricht.

143. Eine zweckmässigere Anordnung ist die von Winsor und Wurst (El. W. 19, 218; El. Eng. New York 12, 372) (Fig. 86). Bei dem Bogenlichtblitzableiter sind parallel zu dem Lampenkreise zwei bewegliche Arme mit Kohlenenden angebracht, welche durch die Seiten einer cylindrischen Kammer hindurchragen. Nahe den Kohlenenden steht eine zur Erde abgeleitete Kohlenkugel. Ueber dem cylindrischen Gefässe befindet sich ein im Lampenkreise liegendes Solenoid, das einen Eisenkern hochhält. Geht nun die Entladung durch den Zweigstrom, in welchem sich ein Kurzschlussbogen bildet, so wird das Solenoid stromlos, lässt den Eisenkern fallen, der die beiden beweglichen Arme aus einander treibt, so dass sich ein langer Lichtbogen bildet, durch dessen Wärmewirkung ein starker, den Bogen auslöschender Luftzug entsteht. Geprüft ist der Ableiter bis 3000 Volt mit Wechselstrom, bei Gleichstrom wirkt er nur bis 500 Volt.

Digitized by Google

Ein Vorzug dieses Ableiters ist der, dass sich in dem Ableiterzweige kein Solenoid befindet.

144. Das Abreissen des Kurzschlussfunkens nicht durch Entfernung der Elektroden, sondern durch Einschieben von isolirenden Platten bezwecken die Ableiter von A. B. Lyman (U. S. P. Nr. 492219) und Doane (U. S. P. Nr. 501708). Ersterer hat mit dem Ankerhebel eines zwischen Plattenblitzableiter und Erde liegenden Elektromagneten eine Glimmerplatte verbunden, welche beim Anziehen des Ankers sich in die Funkenstrecke des Blitzableiters schiebt.

145. Letzterer hat an Stelle des Elektromagneten ein Solenoid mit Kern und für die Glimmerplatte eine Asbestplatte.

Zwölftes Capitel.

Einrichtungen zum Abreissen des Funkens, beruhend auf der Wärmewirkung auf feste und flüssige Körper und auf Explosion.

146. An Stelle des Elektromagneten, welcher in dem von der General Electric Company in Chicago benutzten Ableiter Cheney, s. Nr. 133, die Auslösung eines Gewichtes bewirkt, hat Bain (Lum. él. 38, 474) die Verlängerung eines Drahtes durch seine Erwärmung vermöge des ihn durchsetzenden Kurzschlussstromes zur Auslösung der Sperrung für den umschlagenden Arm angewandt.

Vornehmlich wird dagegen die erwärmende Wirkung des Blitzschlages und des zu verhütenden Nebenstromes in der Art verwandt, dass durch dieselbe Schmelzdrähte zur Schmelzung gebracht werden, wodurch entweder eine hinlänglich lange Unterbrechungsstelle oder eine sonstwie geeignete Unterbrechungsart zur Verhütung jedes dauernden Funkens eingeschaltet wird, oder Vorrichtungen zum Auseinanderbewegen der Elektroden in Thätigkeit gesetzt werden.

147. Das erste ist von Van Nuis (U. S. P. Nr. 500726; F. E. 7, 666) angestrebt, welcher zwei Schmelzdrähte in einer Hülse nahe zusammen verlegt, und diese so lang nimmt, dass kein Kurzschlussbogen sich bilden kann.

148. Das Gleiche wird in einfacher Weise durch die E. Ztschr. 14, 665 dargestellte Einrichtung zu erreichen gesucht.

Hier sind der positive und negative Zuleitungsdraht mit je einer gezahnten Kohlenplatte von zwei Plattenblitzableitern verbunden. Die beiden anderen, etwa 1 mm von jenen abstehenden, ebenfalls aus

Digitized by Google

gezahnten Kohlenplatten bestehenden Erdplatten sind durch einen Bleistreifen mit einander verbunden; nur eine dieser Platten ist direct an Erde gelegt. Folgt der Blitzentladung ein Kurzschlussfunken, so schmilzt dies erwähnte Bleiband, wodurch der Funke ausgelöscht wird.

149. Um nach eingetretener Schmelzung sofort wieder selbstthätig einen neuen Schutzdraht einzuführen, ist folgende Anordnung in Gebrauch (Fig. 87 und 88).

Von der Fernleitung geht eine metallische Verbindung zu einer drehbaren Achse, in welcher sternförmig etwa fünf Bleidrähte, wie untenstehende Skizze zeigt, eingesetzt sind. Die Funkenstrecke liegt zwischen dem Ende eines solchen Bleidrahtes und einem darunter befindlichen, aus Bronze oder Messing hergestellten Kreissegment, das an die Erdleitung angeschlossen ist. Tritt in Folge einer Entladung ein Lichtbogen zwischen einer Spitze des Bleidrahtes und dem kreis-

Fig. 87.

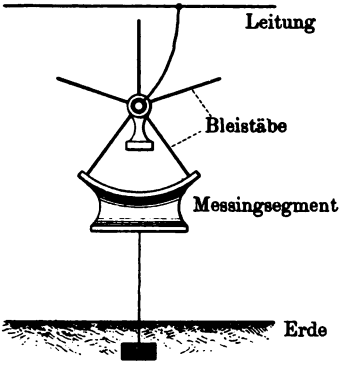
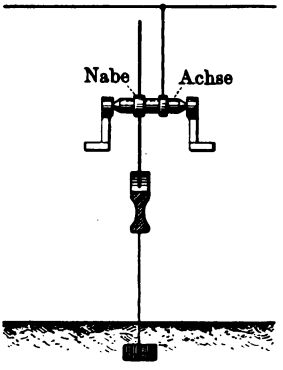


Fig. 88.



förmigen Segment auf, so bewirkt derselbe ein Abschmelzen des Bleidrahtes, das Gleichgewicht des drehbaren Sternes ist gestört und es wird sich ein neuer Bleidraht dem Messingsegment gegenüberstellen, so dass für eine zweite resp. dritte bis fünfte Entladung die Schutzvorrichtung brauchbar ist. Der Apparat soll bisher gut functionirt haben, aber sichere Betriebsergebnisse liegen nicht vor.

150. Siemens und Halske (E. Ztschr. 17, 511) haben zu gleichem Zwecke mehrere Blitzableiter parallel geschaltet und vor jedem Ableiter eine Schmelzsicherung S angeordnet, damit, wenn bei einem dieser Blitzableiter der Ableiter in Thätigkeit getreten und S durchgebrannt ist, noch die anderen Ableiter für nachfolgende Schläge wirken können. Die Anordnung ist nur gebraucht worden, wo, wie im Maschinenhause, immer Personal zur Beaufsichtigung der Ableiter vorhanden ist.

151. Ebenso W. und R. Emmet (U. S. P. Nr. 503708). Mehrere Schmelzdrähte liegen neben einander, zu jedem gehört eine Funken-

Digitized by Google

strecke. Geht der Blitz über, so wird ein Schmelzdraht zerstört und dadurch der nachfolgende Kurzschluss verhindert.

152. Nach dem D. R.-P. Nr. 82455 von Seubel soll der Lichtbogen dadurch vermieden werden, dass in einer Kammer, welche den Schmelzdraht enthält, zwischen den beiden Elektroden, an welche der Schmelzdraht angeschlossen ist, eine Wand aus isolirendem, feuerbeständigem Material vorgesehen wird, die beinahe bis zur gegenüberliegenden Wand reicht, so dass die Kammer durch dieselbe in zwei Theile getheilt ist. Der Schmelzdraht wird über diese Wand gebogen und in eine Einkerbung derselben eingelegt. Die Abschlusswand soll den Bogen verhindern.

153. Eine andere Ausbildung dieses Gedankens enthält der Ableiter Blathy (D. R.-P. Nr. 54249), bei welchem über den Schmelzdraht eine grosse Menge von isolirenden Platten mit sehr kleinen Durchlassöffnungen für den Schmelzdraht geschoben werden. Auch mit Strömen von mehreren 1000 Volt soll hierdurch der Funke sicher vermieden werden.

Die Einrichtung ist allerdings in erster Linie für Sicherungen gegen zu starke Ströme getroffen worden, kann ersichtlich aber auch bei Blitzableitern Verwendung finden.

154. Lodge hat ebenfalls eine solche Schmelzsicherung angegeben (E. Ztschr. 1891, 666; El. W. 18, 453) (Fig. 89 und 90), bei welcher

Fig. 89.

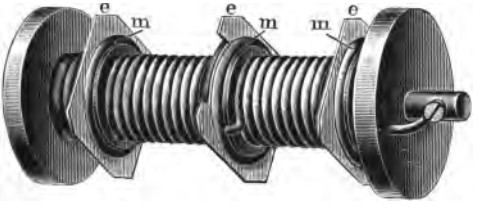


Fig. 90.

Spulen aus gut isolirtem Draht zwischen Messingplatten *m* angeordnet sind. Von diesen Messingplatten sind je zwei benachbarte durch mit Stanniol belegte Glimmerplatten getrennt, von welchen letzteren Ecken *e* hervorragen. Das Ganze kommt in ein zur Erde abgeleitetes Metall-

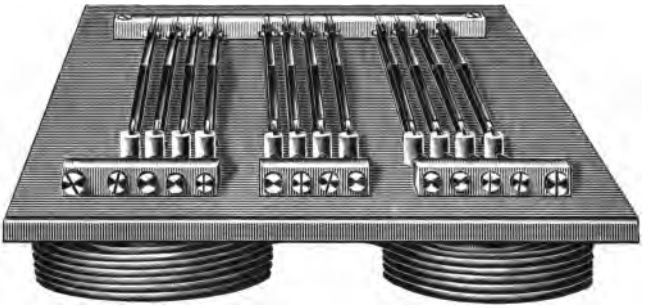
Digitized by Google

gehäuse *g* zu liegen, so dass die Ecken *e* dieses Gehäuse zwar nicht berühren, aber demselben dicht gegenüberstehen.

Der entstehende Lichtbogen soll durch das Schmelzen des Stanniols ausgelöscht werden. Ist an einer Ecke das Stanniol abgeschmolzen, so steht für den nächsten Blitzschlag eine andere Ecke in Bereitschaft.

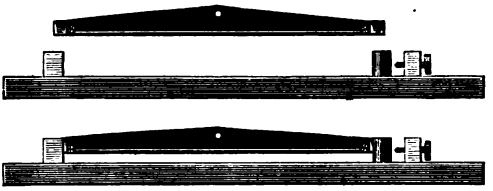
155. Fig. 91 und 92 zeigen eine andere Form, welche Lodge seinem Inductionsblitzableiter mit Einschaltring von Schmelzstücken

Fig. 91.



von Stanniol zum Abreissen des Funkens gegeben hat. Die Schmelzstücke liegen in den Zuleitungen zu den kleinen Funkenstrecken zwischen den einzelnen Inductionsspulen (Lodge 423 und 425);

Fig. 92.



Figur 92 zeigt die Funkenstrecke und das auszuwechselnde Schmelzstück.

156. In anderer Weise suchen nach dem D. R.-P. Nr. 81 215 Siemens und Halske einen Lichtbogen zu verhindern, indem sie den Sicherungsbleistreifen in festes, schmelzbares Dielektricum legen; beim Schmelzen umgiebt das Dielektricum die Zuführungsdrähte und unterbricht so den Funken.

157. In einem früheren Patente (D. R.-P. Nr. 58701) hatte Mar zu gleichem Zwecke eine Mischung von leitenden Theilen und Paraffin empfohlen.

158. Die Abschaltung durch mechanischen Zug hat der Ableiter Barrett (Western E. 8, 41; F. E. **1891**, 209). Ein dünner, in der Leitung liegender Neusilberdraht ist, in einen Wachstropfen eingebettet, an einer kräftig gespannten Feder angebracht. Der Wachstropfen hält die Feder durch eine Anlage zurück. Schmilzt jener, so schnellt die Feder nach vorn und zerreisst die Leitung.

Digitized by Google

159. O'Connell (F. E. **1891**, 294). Im Wesentlichen dasselbe; nur werden hier zwei federnde Theile, welche in der Leitung liegen, durch Loth an einander gehalten, beim Schmelzen durch eigene Federkraft aus einander getrieben.

160. Nach Siemens (D. R.-P. Nr. 86616) wird, um den Lichtbogen zu verhindern, ein Fallschieber durch Federkraft auf den Schmelzdraht gedrückt. Beim Abschmelzen unterbricht der Schieber die Flamme; damit die Sicherung nicht durch den Druck beeinflusst wird, ist an dieser Stelle der Schmelzdraht besonders dick. Der sich an anderer Stelle bildende Lichtbogen schmilzt dann auch diese dicke Stelle.

161. Auch O. Giesecke (U. S. P. Nr. 546523) ist hier zu nennen. Eine Röhre mit Flüssigkeit gefüllt und in Verbindung mit einem Flüssigkeitsreservoir liegt zwischen zwei an die Leitung angeschlossenen Schienen und ist mit ihnen leitend verbunden, so dass der normale Linienstrom durch die Flüssigkeit hindurchgeht. Den Schienen liegt eine Erdschiene gegenüber. Zu starker Strom soll die Flüssigkeit verdampfen, so dass der directe Stromweg unterbrochen wird und der Ausgleich zur Erdschiene erfolgt.

162. Nach W. Cooper (U. S. P. Nr. 561073) wird eine Dose mit Metallwänden durch einen Holzdeckel dicht verschlossen, der an einem zur Erde führenden Draht befestigt ist. An der inneren Wand des Deckels sitzen zwei einander gegenüberstehende Kohlen, von welchen die eine in Verbindung mit dem Erddraht steht, die andere beim Aufliegen des Deckels leitend mit der Metallwand der Dose verbunden ist. An die Dose ist die Linienleitung angeschlossen. Der Deckel wird mit Paraffin abgedichtet. Eine Blitzentladung soll die Luft in der Dose ausdehnen und dadurch den Deckel emporwerfen, also die Verbindung mit der Linie unterbrechen.

Im Anschluss hieran seien die Blitzableiter erwähnt, welche Explosionswirkungen in Folge von Erwärmung zur Vermeidung eines dauernden Kurzschlusses verwerthen.

163. Nach Fessenden (El. New York **14**, 85, 142; F. E. **6**, 603) werden in einer mässig ausgepumpten Glasröhre zwei feine Drähte einander gegenübergestellt, von denen der eine an der Leitung liegt, der andere mit der Erde in Verbindung steht. Durch den übergehenden Lichtbogen wird das Glas zersprengt (siehe auch Nr. 93).

164. Zu demselben Zwecke füllt Field (Lum. él. 37, 350) eine Capillarröhre, die erweiterte Enden hat, mit Quecksilber, welches beim Durchgange eines zu starken Stromes die Röhre sprengt.

165. Umschaltungen durch die Explosion hervorzurufen, ist der Zweck des Ableiters Wheatly (U. S. P. Nr. 462649), bei welchem in den Blitzableiter ein Explosionskörper eingeschaltet ist, welcher bei abnormem Strom explodirt und durch Umschlagen eines Hebels den Liniendraht an Erde legt.

Digitized by Google

166. F. A. Haselwander (D. R.-P. Nr. 56944; El. Ztschr. 12, 558) legt die Leitung federnd an einen Kolben *s*, der in einem Cylinder beweglich ist. Von diesem Kolben geht ein Zweigdraht zu einer Patrone, deren anderes Ende zur Erde abgeleitet wird. Beim Blitzschlage wird *s* in die Höhe geworfen und so die Zweigleitung unterbrochen.

167. Nach einer Abänderung (D. R.-P. Nr. 61079), Fig. 93, 94 und 95, legen sich zwei mit der Aussen-(Luft)- und Innenleitung *L D*

Fig. 93.

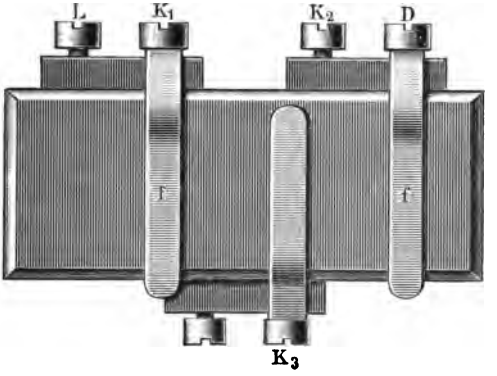
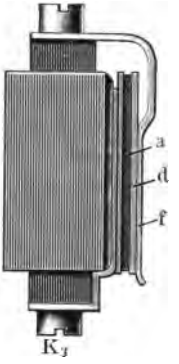


Fig. 94.



verbundene Stromschlussfedern *f* gegen den Stanniolverschluss *d* einer flachen Patrone *a*. In dieser ist eine kleine, mit Explosivstoff gefüllte

Fig. 95.

Kammer *b*, die durch den Stanniolstreifen *d* abgeschlossen wird. Letzterer bildet die Brücke zwischen den beiden Klemmen *f*. Die Patrone wird zwischen die Federn *f* und einer dritten zur Erde abgeleiteten Feder K_3 eingeschoben.

168. Nach O. Cumsell (Western El. 7, 68; F. E. 11, 613) werden zur Funkenlöschung auf die Spitzen des Blitzableiters kleine explosive Kugeln gesetzt, deren Explosion bei Bildung des Bogens letzteren auslöscht.

Dreizehntes Capitel.

Einrichtungen, beruhend auf Luftzug in Folge Erwärmung der Luft durch Funken.

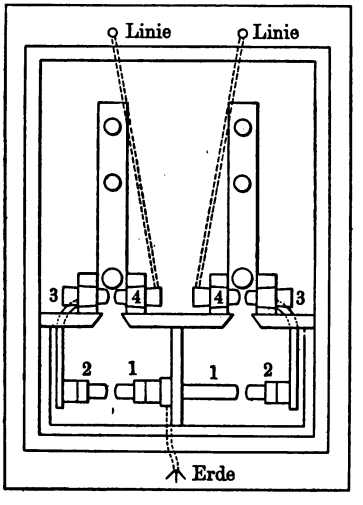
169. Die einfachste Form, welche hier hin gehört, hat den Namen Razzle Dazzle erhalten (El. W. 15, 180; F. E. 1889, 748; El. Ztschr.

Digitized by Google

11, 266). In einem Gehäuse hängt eine mit der Leitung metallisch verbundene Kugel über einer zur Erde abgeleiteten Platte. Durch die Funken, welche hier überschlagen, wird die Luft erwärmt, steigt auf und schleudert dabei die Kugel hin und her, so dass der Funke abbricht. Es soll dieser Ableiter hauptsächlich als Stangenblitzableiter benutzt werden. Uebrigens mag bei demselben auch die Abstossungskraft vermöge der statischen Ladung mitwirken. Ganz ähnlich sind die Einrichtungen Brown, Tiedemann (U. S. P. Nr. 475481; Lum. él. **45**, 331), P. Quarz, Vail (El. W. **21**, 252; Lum. él. **45**, 549), auch Treux und Veil (F. E. **1891**, 403), Scott (U. S. P. Nr. 492594.

170. Etwas andere Anordnung hat ein Blitzableiter von Wurts (U. S. P. Nr. 433430; El. W. **16**, 96; **18**, 48) und Winsor u. Wurts (U. S. P. Nr. 417694; El. **15**, 18). Zwei sich berührende Kugeln, die an Fäden hängen, sind in die Leitung eingeschlossen. Bei der Entladung werden dieselben aus einandergetrieben und löschen so den Funken aus. Eine Abänderung besteht darin, dass eine Kugel in einer Kammer festsitzt, in die ein beweglicher Stift hineinragt. Der Funke springt zwischen Kugel und Stift über, die erwärmte Luft treibt den Stift zurück. — Auch sind Kugeln aus Kohle, an Hebeln befestigt, vorgesehen. Die beiden Hebel zwei ragen in eine Kammer hinein, zwischen den beiden Kugeln liegt eine dritte, zur Erde abgeleitete. Im Laufe der Zeit hat dieser von der Westinghouse-Company vertriebene Wurts'sche Blitzableiter verschiedene constructive Abänderungen erfahren. Die folgenden vier Figuren (Fig. 96, 97, 98, 99) zeigen die hauptsächlichsten. Nach El. W. **19**, 218; El. Ztschr. **12**, 454; D. R.-P. Nr. 54513 sind zwei Luftkammern, von welchen zwei enge Canäle in je eine Auspuffröhre führen, vorgesehen. In jeder der Luftkammern befinden sich zwei dicht einander gegenüberstehende Kohlen, die eine verbunden mit der Erde, die andere verbunden mit einer dritten, in das untere Ende der Auspuffröhre hineinreichenden Kohle. Dieser steht eine vierte, an einem Hebelarm bewegliche Kohle gegenüber, welche an die zu schützende Linie angeschlossen ist. Kohlen 3 und 4 sind durch eine Kohlenkugel verbunden. Die Blitzentladung nimmt ihren Weg über die Kohlen zur Erde. Dabei bildet sich zwischen den Kohlen ein Kurzschluss. Die Luft in der Luftkammer erwärmt sich, dringt in die

Fig. 96.



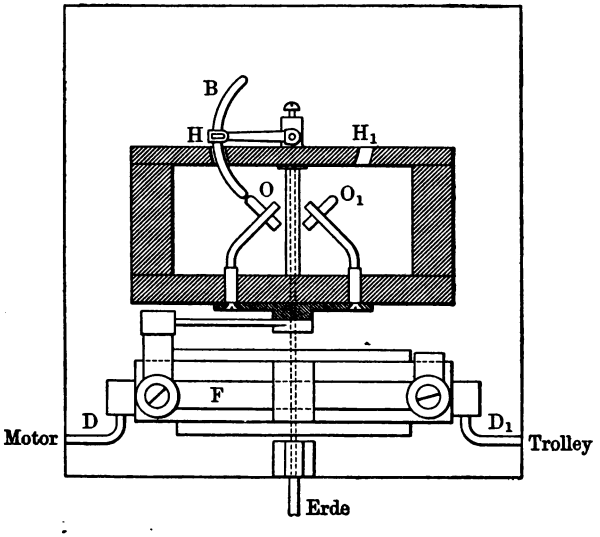
Digitized by Google

Auspuffröhre und wirft hier die mit der Linie verbundene Kohle zur Seite, so dass der Kurzschluss unterbrochen wird. — Beim Niederfallen der Kohle 4 ist der Apparat wieder functionsfähig. Dieser Ableiter ist bei Wechselstrommaschinen bis zu 3000 Volt versucht, indem der Zwischenraum zwischen Kohlen 1, 2 durch einen dünnen Stanniolstreifen kurz geschlossen wurde. — Die Kohlen 4 flogen unter Pistolenknall mehrere Male hin und her, Feuerzungen drangen aus den Auspuffröhren heraus. In sehr kurzer Zeit war der normale Zustand wieder hergestellt, ohne dass die eingeschalteten Lampen merkliche Zuckungen zeigten. Erfolgt der Kurzschluss in dem Augenblicke, wo die alternirende, elektromotorische Kraft der Wechselstrommaschine ein Maximum hat, so ist die Explosion im Ableiter viel schärfer, als wenn der Kurzschluss im Augenblicke des neutralen Punktes eintritt.

Bei Gleichstrommaschinen von 500 Volt wirkt der Ableiter nicht mehr.

171. Nach El. W. 19, 219 befinden sich in den Wänden zweier, im Uebrigen luftdichter Kammern zwei Löcher, H, H_1 (Fig. 97), durch

Fig. 97.



welche zwei an Hebeln sitzende gekrümmte Kohlen B und B_1 hindurchgehen. Die Kohlen stehen mit der Erde in Verbindung. Zwei andere Kohlenstücke O und O_1, von denen O an die zum Motor führende Leitung, O_1 an den Trolley angeschlossen ist, stehen den Kohlen B und B_1 gegenüber mit einem normalen Abstande von $^1/_{16}$ Zoll. Zur weiteren Sicherung ist eine Bleisicherung F eingeschaltet. Bei Kurzschluss von 500 und 1000 Volt hat der Apparat stets gut gewirkt.

Digitized by Google

Die Gestalt, welche dieser Ableiter schliesslich erhalten hat, ist in Fig. 98 und 99 gegeben. Alles ist hierbei aus Eisen und Marmor

Fig. 98.

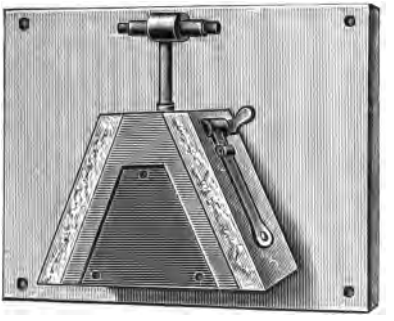
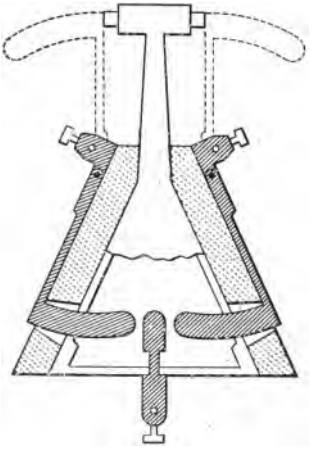


Fig. 99.



hergestellt, um die Gefahr einer Verbrennung zu vermeiden.

172. Nicht sehr verschieden ist die Anordnung Kleystone (Lum. él. 51, 419), nach welcher die Blitzentladung in einem abgeschlossenen Kasten zwischen zwei gezahnten Platten übergeht, und diese Platten durch die erwärmte Luft aus einander getrieben werden.

Vierzehntes Capitel.

Einrichtungen zum Auslöschen des Funkens, beruhend auf directer Wirkung des Magneten auf den letzteren.

Diese Art von Schutzvorrichtung rührt von Elihu Thomson her. In dem D. R.-P. Nr. 52739 wird sie folgendermaassen beschrieben (Fig. 100, 101, 102, 103 a. f. S.).

173. Die Leitungsdrähte *MM* führen zu zwei Säulen *c* und *d*, an welche eigenthümlich geformte, spitz zulaufende Platten 1 bis 4 befestigt sind. — Von *c* und *d* gehen unter Einschaltung der Schmelzdrähte FF_1 die Leitungen weiter zu den Verbrauchsstellen. Zwischen den Platten 1 und 4 sind ebensolche, 2 und 3, an einer isolirenden Platte befestigt. Die vier Platten 1 bis 4 liegen zwischen den Polen eines Elektromagneten AA_1, dessen Wickelungsenden mit 2 und 3 verbunden sind, während von der Mitte des Wickelungsdrahtes eine Ableitung zur Erde geht. Fig. 101 zeigt die Schaltung. Ein Strom von aussergewöhnlicher Stärke sucht nach Abschmelzung der Drähte *F* und

Digitized by Google

F_1 einen Ausgleich von Platten 1 und 4 nach 2 und 3, und von diesen über die Elektromagnetenwindung zur Erde. Der zwischen 1 und 2, bezüglich 3 und 4 entstehende Funke stellt einen dauernden Kurzschluss der Leitung M und M_1 her. Der Funke wird jedoch durch die magnetische Einwirkung des Magneten AA_1 abgestossen, geht an

Fig. 100.

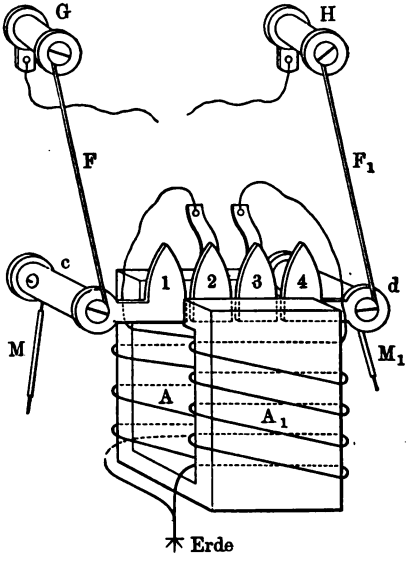
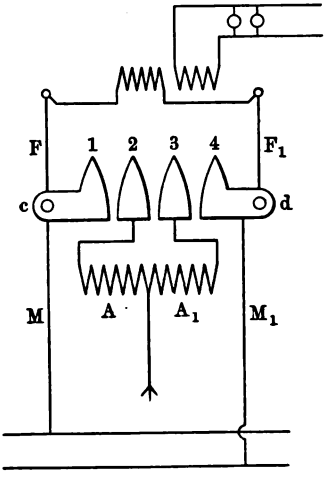


Fig. 101.



den Ankern in die Höhe und zerreisst. Die Kerne des Elektromagneten werden bei Wechselströmen zweckmässig aus dünnen Eisenplatten oder Eisendrähten hergestellt, um ein ausreichendes magnetisches Feld zu erhalten.

Fig. 102.

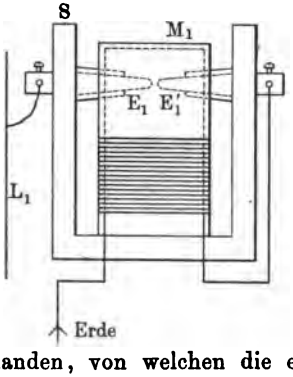
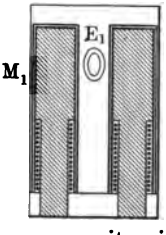


Fig. 103.



Es liegt nahe, dass bei sehr hohen Entladungsspannungen die Entladung von den Platten 2 und 3 nach dem Elektromagneten übergeht. Um das zu vermeiden, werden die Kerne und Drahtwindungen mit einer dicken Isolirschicht überzogen. Die Platten erhalten bei anderen Ausführungen auch einfachere Formen. In Fig. 102 z. B. sind nur zwei vorhanden, von welchen die eine mit der zu schützenden Leitung, die andere, gegenüberstehende, über die Elektromagnetenwindungen mit der Erde verbunden ist. Fig. 103 giebt einen anderen Schnitt mit Sichtbarmachung der isolirenden Hüllen auf den Elektromagnetkernen.

Digitized by Google

Nach dem U. S. P. Nr. 508648 von E. Thomson wird die Funkenstrecke direct im magnetischen Felde angeordnet.

Mit Ergänzungen zu Obigem beschäftigen sich die U. S. P. Nr. 470721 und 493314 von E. Thomson.

174. Im ersteren wird die Einschaltung einer Scheibe aus Isolationsmaterial mit isolirenden Rippen in dem Funkenraum beschrieben, damit eine weitere Theilung des Funkens bei dem Fortblasen desselben durch den Magneten eintritt.

175. Nach letzterem ist noch ein grosser Widerstand in den Leiterkreis zur Erde einzuschalten, der wohl die atmosphärische Entladung, aber nicht den Kurzschlussstrom der Maschine durchlässt.

Dann beschäftigt sich mit der zweckmässigen Schaltung des Ausblasmagneten das U. S. P. Nr. 495714 von Elihu Thomson.

176. Wenn ein Pol der Maschine zur Erde abgeleitet ist, legt Thomson den Magneten zwischen den anderen Pol und den Blitzableiter, dessen beide Elektroden mit der Linie, bezüglich der Erde verbunden sind. Ist dagegen kein Pol der Maschine abgeleitet, so kommt der Magnet zwischen Erde und der einen Platte des Blitzableiters zu liegen. Der Blitz vermeidet wegen des Inductionswiderstandes den Weg über die Dynamo oder den Motor.

177. W. R. Potte (U. S. P. Nr. 551786) hat eine Anzahl von Funkenstrecken, die durch einen gemeinsamen Elektromagneten ausgelöscht werden.

Die Platten 1 bis 4 der vorigen Zeichnung (Fig. 100 und 101) haben verschiedene Gestaltung erhalten. Fig. 104 und 105 zeigen

Fig. 104.

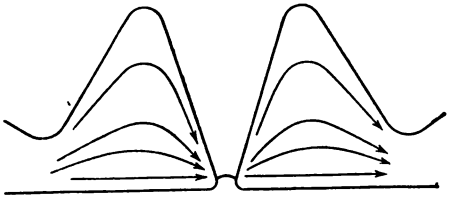
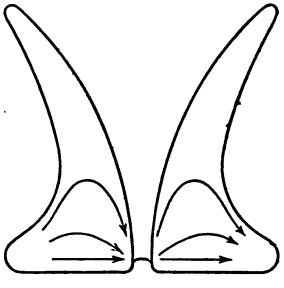


Fig. 105.



solche mit dem eingezeichneten Stromverlaufe. Von der letzten Form führen die Ableiter den Namen Hörnerblitzableiter. Neben der elektromagnetischen Wirkung kommt auch Luftzugwirkung in Betracht, indem durch diesen der Bogen gleichfalls heraufgetrieben wird. Indessen genügt diese Wirkung erfahrungsgemäss nicht, so dass von Thomson noch die magnetische hinzugenommen wird.

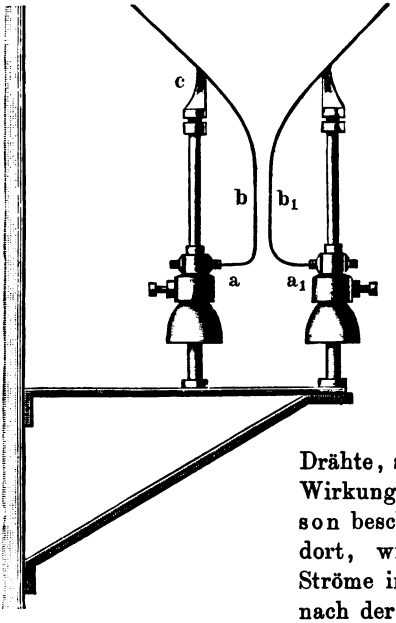
Digitized by Google

Fünfzehntes Capitel.

Einrichtungen, beruhend auf elektrodynamischer Einwirkung auf den Funken.

178. Die Hörnergestalt des zuletzt beschriebenen Thomson'schen Blitzableiters ist von Siemens und Halske so ausgebildet worden, dass die magnetische Einwirkung vermieden werden kann.

Fig. 106.



An Stelle der Platten werden gebogene Drähte nach Fig. 106 genommen, bei welchen durch sorgfältige Isolirung der oberen Stützen dafür gesorgt wird, dass der Strom nur durch die Drähte a und a_1 an einer Stelle in die gebogenen Drähte eintreten kann. So wird erreicht, dass der in b resp. b_1 verlaufende Strom und der Strom des Kurzschlussbogens senkrecht auf einander stehen, sie suchen sich also parallel zu stellen, was eine Aufwärtsbewegung des Bogens zur Folge hat. Kommt letzterer in die aus einandergehenden Theile der Drähte, so reisst er schliesslich ab. Diese Wirkung ist bei den Formen, welche Thomson beschrieben hat, nicht vorhanden, weil dort, wie Fig. 104 und 105 zeigen, die Ströme in den Platten von oben und unten nach der Funkenstelle gehen. Bei den ersten Ausführungen des Siemens'schen Blitzableiters trat der Strom nicht allein bei a, sondern auch bei c ein; das hatte zur Folge, dass die betreffenden Apparate bedeutend weniger wirksam waren. Die Drähte bei bb_1 sind bis zu 20 mm von einander entfernt genommen; je grösser der Bogen, desto weniger die Beschädigung der Drähte, da bei einem längeren Funken weniger Energie auf die einzelnen Stellen kommt, wie bei einem kürzeren.

Eine andere Form Hörnerblitzableiter wird von Ganz u. Comp. benutzt.

179. Die Funkenbildung wird hier an gegenüberstehenden Spitzenplatten gebildet; der Lichtbogen soll nach seiner Bildung an den hornförmigen Fortsätzen nach oben geleitet werden, der Lichtbogen wird länger und reisst ab. Diese Blitzableiter werden gewöhnlich an die Sammelschienen der Schalttafel angeschlossen.

Digitized by Google

Vierter Theil.

Beschädigungen durch den Blitzschlag.

Ueber die Art und den Umfang der durch Blitzschlag bei Leitungen hervorgerufenen Beschädigungen giebt die Literatur im Einzelnen wenig Aufschluss, was im Interesse der Frage sehr zu bedauern ist, da gerade durch die Art der angerichteten Schäden die besten Fingerzeige über den zu wählenden Schutz gegeben würden. Die meisten Nachrichten finden sich noch über die Blitzschläge in Telegraphenleitungen, sowohl in einzelnen Fällen, wie in zusammenfassenden Berichten. Dagegen ist die Starkstromtechnik mit ihren Erfahrungen kaum an die Oeffentlichkeit getreten, so dass z. B. über die fundamentale Frage, ob die Maschinen, Transformatoren u. s. f. mit der Erde zu verbinden oder sorgfältig von derselben zu isoliren sind, fast nichts vorliegt. Dem freundlichen Entgegenkommen einiger grösserer Betriebe verdankt Verfasser einige Angaben, welche für die Frage von Werth sind.

Bei einem Einschlage in Telegraphenleitungen werden vor Allem die Liniendrähte, Stangen und Isolatoren mitgenommen, in verhältnissmässig wenigen Fällen, dank den Blitzableitern, die Apparate.

Sechzehntes Capitel.

Leitungen und Schwachstromanlagen.

Nach Arch. Post Telegr. **1891**, 279; F. E. 1891, **6**, 404 wurden durch einen Blitzschlag auf längere Strecken die Telephonleitungen auf einem Hause verflüchtigt. Die Entladung ging dann zur Regenrinne und eine weit abstehende 80 cm dicke Mauer. Dagegen zeigten die Telegraphenstangen mit ihren Eisenankern und die Porcellanglocke keine Beschädigung.

Digitized by Google

In Pforzheim bei einem Schlage in das Kuppelgerüst der Fernsprechleitung-Einführung ging der grösste Theil in den Blitzableiter, jedoch ein Theil in eine grosse Zahl von Fernsprechleitungen, von denen 158 (im Ganzen 323 vorhanden) gestört wurden, zumeist beim Spindelblitzableiter.

Bei einem Gewitter in der Nähe von Heidelberg (Arch. Post Tel. **21**, 56) wurden mehrere Stangen einer Fernsprechleitung zerstört, eine in der Nähe befindliche Telegraphenleitung litt wenig. In Heidelberg selbst fanden sich nur mehrere Spindelblitzableiter verletzt. Diejenigen Stangen, welche stark verletzt waren, hatten eiserne Verankerung. Der Einfluss einer solchen Erdverbindung zeigt sich im Allgemeinen darin, dass die Blitzentladung von Telegraphenleitungen vornehmlich nach solchen Gestängen abspringt, welche gute Erdleitung haben.

Nach Lum. él. 1890, **35**, 600 (aus El. W.) sollen alle Telephonlinien der Stadt Massachusett beim Gewitter verbrannt sein. Unter Umständen werden sehr lange Strecken zerstört, so nach C. R. **104**, 1437; Lum. él. **24**, 476 in Mortrée ein Draht von 150 m Länge ohne Beschädigung der Stangen.

(Lum. él. 33, 445.) Ein Blitzschlag in Esneux hat einen Phosphorbronzetelephondraht von 1,4 mm Durchmesser auf eine Länge von 800 m ganz zerstört, so dass keine Spuren mehr zu entdecken waren. Der Draht hing mit dieser grossen Länge über einem Thale. An den Befestigungsstellen der beiden Enden fanden sich Schmelzspuren.

Von Kabelverletzungen ist Folgendes zu erwähnen (30. Aug. 1879; Arch. Post Tel. 1880): Ein durch einen Eisenbahntunnel führendes Kabel wurde nach einem Blitzschlage stromlos; wie sich später zeigte, weil die eiserne Schutzröhre gebrochen, an dieser Stelle das Kabel ganz geschmolzen und der Schmelzraum mit Guttapercha ausgefüllt war.

(Lum. él. **27**, 486.) Bei einem plötzlichen Gewitter in Portheurno (Telegraphenstation für das Mittelländische und Rothe Meer-Kabel) war nicht mehr Zeit, die Kabel an Erde zu legen. In Folge dessen schlugen aus den Kabeln sofort Funken ins Bureau. Die Recorder an den Kabeln Vigo-Lissabon, welche mit Siemens' Schutzapparaten geschützt waren, wurden beschädigt, ein durch einen Saunders'schen Apparat geschützter Recorder zeigte nur Schmelzung des Drahtes in der Glasröhre.

Von den verschiedenen Drähten widerstehen die Phosphorbronzedrähte dem Blitzschlage am besten (Lum. él. **13**, 517).

Wie weit die Liniendrähte die Entladung fortführen, dafür liefert ein Fall Beweis, bei welchem ein Arbeiter, der an der Telegraphenlinie arbeitete, durch ein in 114 km Entfernung niedergehendes Gewitter getödtet wurde (El. Wien **1894**, 464; F. E. **8**, 450).

Auch in Lum. él. **17**, 613 wird von dem Tode eines am Telephongestänge arbeitenden Mannes berichtet.

Digitized by Google

Von Verletzungen an Stangen sei noch ein Fall erwähnt, den Evrard in einem Aufsatze „Coups de foudre en Belgique“ (Lum. él. 5, 25) mittheilt. Von den hierunter angedeuteten Stangen sind alle bis auf 5 und 6 vom Blitz zerstört worden: 1 2 3 4 Nach derselben Quelle

·5
·6
·7

scheinen die sulphatirten und mit Kreosot getränkten Stangen in gleicher Weise dem Blitze zugänglich zu sein, allerdings liegt ein Fall vor, wo zwei Kreosotpfosten, die zwischen fünf getroffenen sulphatirten Stangen standen, nicht getroffen sind.

In Épernay wurden 23 Telegraphenstangen getroffen (Ecl. él. 1, 623; F. E. 8, 593).

Für das Abspringen des Blitzes, auch von der Leitung, spricht folgende Beobachtung von Montigny (Lum. él. 5, 125). Von 500 Pappeln, längs deren eine Telegraphenleitung ging, wurden 81 vom Blitze getroffen, namentlich diejenigen, welche an bewaldeten Stellen standen.

Zerstörungen von Starkstromleitungen sind in grösserem Maasse in Transvaal vorgekommen, wo solche Leitungen über lange, unbebaute Strecken führen. Auch hier verschwinden bei einem Blitzschlage oft Hunderte von Metern Leitungsdraht.

Von anderen Starkstromleitungen können Anlagen des Anhalter Bahnhofes, Berlin und Tempelhof bei Berlin erwähnt werden. Die Zerstörungen erstrecken sich hier hauptsächlich auf die Stangenisolatoren, die mit Plattenblitzableitern ausgerüstet waren. 1893 wurden in ersterer Anlage 14, in letzterer 1 Stück; 1896 in ersterer 30, in letzterer 4 Stück zerstört. Gleiche Zerstörungen sind in Warschau an der Starkstromleitung der A. E. G. beobachtet.

Ueber schadenbringendes Eindringen der Entladung in Telegraphenämter oder Kraftstationen liegen folgende Meldungen vor.

Im August 1878 brachen über den Regierungsbezirk Königsberg sehr heftige Gewitter herein. Durch einen Schlag wurden 12 Stangen beschädigt; ein anderer schlug in eine Pappel, 30 Schritt von dem Postamt in Neukuhren. Die Entladung verzweigte sich dann nach dem Postgebäude, erzeugte in dem Amtsraume eine starke Flammenerscheinung, die Beamten wurden umgeworfen, die Einführungsdrähte in das Zimmer geschmolzen, die Erddrähte von der Erdplatte des Blitzableiters abgerissen (Arch. Post Tel. 1878, 730). In gleich glimpflicher Weise verfuhr der Blitzschlag, welcher am 17. Juli 1880 das Telegraphenamt in Montjoie heimsuchte. An den Schwärzungserscheinungen konnte das Eindringen in das Amt bis zum Blitzableiter und zwar bis dort, wo das mit Ebonit ausgefütterte Loch liegt, verfolgt werden. Der Stöpsel war hier eingesteckt; die Entladung nahm ihren Weg aber nicht zur anderen Linie, sondern theils zur Erde, theils ins

Digitized by Google

Zimmer, in welchem im Batterieschranke eine Flammenerscheinung aufleuchtete. An einem Relais schmolz die gesammte Drahtmenge ab (Arch. Post Tel. 1881).

Am 25. Juni 1882 traf ein Schlag das Postgebäude in Achern; vom Schornstein verzweigte sich die Entladung vornehmlich ins Apparatenzimmer, zerstörte mehrere Drahtleitungen, zertrümmerte Scheiben und nahm dann den Ausweg durch die Erdplatten zur Erde (Arch. Post Tel. 1882). Eine starke Zerstörung von Leitungsdraht war auch die Folge eines Schlages in die Leitung zum Amte in Beetz am 6. Septbr. 1884. Der äussere Einführungsdraht war weggeschmolzen, der innere ins Zimmer geworfen, die Drähte im Inneren des Zimmers vielfach gebrochen. Auch hier wurden, wie in dem zuerst erwähnten Falle, die Erddrähte von der Erdplatte des Blitzableiters abgerissen (Arch. Post Tel. 1884). Sehr viel erheblicher war der Schaden eines Blitzschlages, der am 18. April 1886 bei Withmund in der Nähe von Jever niederging (Arch. Post Tel. 14, 379). Nicht das Postamt war das erste Ziel, sondern die Kirche, die in Folge des Schlages abbrannte. An der Kirche waren Drahtleitungen befestigt, welche den Schlag weiter nach verschiedenen Richtungen verzweigten. In Neuharlingersid wurde nur der Plattenblitzableiter durch Schmelzungen beschädigt, in Withmund dagegen gingen alle Drähte im Amte entzwei, die Einführungsröhre aus Ebonit wurde zertrümmert, Scheiben zerschlagen, Möbel aufgerissen. Am Blitzableiter indessen, dessen Erdplatte abgeschleudert war, konnten nur geringe Schmelzungen bemerkt werden. Die Apparate und Batterien blieben unversehrt.

Nach Dell'Iro (Telegrafista 7, 1; E. Ztschr. 8, 202) wurden am 25. Dec. 1886 durch einen Blitzschlag in die Telegraphenleitung des Observatoriums am Vesuv 200 m durchgeschmolzen, im Amte waren sämmtliche Zuleitungen und Verbindungen in Stücke von 20 cm bis zu 2 m geschmolzen. Die Morsecontacte waren gleichfalls alle zusammengeschmolzen, der Taster aus dem Tische gerisssen, die Blitzableiterspitzen zerschmolzen, alle gläsernen Schutzkästen zertrümmert, Tische und Wände geschwärzt und erstere zum Theil gespalten.

Dabei war das Amt durch drei Erdleitungen geschützt, deren eine zum Seile des Hausblitzableiters führte, welcher selbst drei Erdplatten besitzt; die zweite war am Fusse des Gebäudes in den Erdboden, die dritte in eine Cisterne versenkt. Der Boden besteht allerdings durchweg aus Gestein.

Ueber Verzweigungen eines solchen Schlages giebt Aufschluss folgender Fall.

(Lum. él. 1885, Nr. 98.) In einem Hause ertönte bei jedem Blitzschlage die Telephonglocke, eine Lampe erlosch plötzlich mit Knall. Der Draht war abgebrannt, ein Platinspiegel auf der Glasbirne gebildet. Die Lichtleitungen waren nicht geschmolzen, aber wohl die Telephondrähte. Das Telephonsystem war mit dem Blitzableiter des

Digitized by Google

Hauses in Verbindung. Eine gleiche Einwirkung auf die Lampen zeigte sich auch bei einem Gewitter in Gonau (Schweiz). Es wurden durch einen Blitzschlag alle Lampen ausgelöscht, darauf sprangen längs der Hochspannungsleitungen eine Stunde lang fortwährend Funken in der Luft umher, vermuthlich in Folge von Erdschluss durch den Blitzableiter. Die Erscheinung hörte nach Durchschlagen der Primärleitung auf (Lum. él. 52, 597). Nach Lum. él. 17, 623 wurde in der Station Sceaux der Telegraphendraht zerstört und das Stationsbureau angezündet.

(Lum. él. 13, 244.) Der Blitz zerstörte ein Relais, indem Drähte geschmolzen und Schutzhüllen aus Glas zerschmettert wurden. Darüber befindliche Lampen sind angezündet. Ebenso wurden bei einem Blitzschlage in Minneapolis zunächst die elektrischen Lampen beeinflusst. Nach einem plötzlichen Blitzschlage gingen viele Feuerkugeln längs der Lichtleitungsdrähte. Eine Stange wurde zerrissen, weil die Entladung von der Lichtleitung durch diese Stange zu einer 50 Fuss entfernten Metallkugel überging. Ein Arbeiter, der an den Drähten beschäftigt war, ist verletzt, Kleidung zerrissen.

Eine lehrreiche Zusammenstellung über die Zahl der beobachteten Gewitter und Gewitterschäden enthält ein Aufsatz in Arch. Post Tel. 18, 97. Danach fallen im Jahre 1888 von den 2375 festgestellten Beschädigungen 9,21 Proc. auf die inneren Telegrapheneinrichtungen, 90,79 Proc. auf die äusseren Telegraphenanlagen (32,84 Proc. fallen auf die Stangen). Es bilden die beschädigten Stangen 0,06 Proc. aller aufgestellten Stangen. Dagegen sind nur 0,004 Proc. aller Isolatoren beschädigt (91 zertrümmert, 47 mit Schraubenstütze herausgerissen), und zwar als 5,81 Proc. aller Beschädigungen. Vom Jahre 1887 ab nahm die Procentzahl der beschädigten Stangen u. s. f. von der Gesammtzahl aller Stangen u. s. f. ganz erheblich ab.

Siebenzehntes Capitel.

Starkstromanlagen.

(El. Rev. 29, 290; F. E. 1891, 597.) Bei einer Beleuchtungsanlage waren gewöhnliche Telegraphenblitzableiter verwandt, die durchgeschlagen wurden, wobei beide Pole der Accumulatorenbatterie an Erde zu liegen kamen. Dauernder Funke, Entladung der Batterie und kleiner Brand die Folge.

Erheblichen Schaden richtete ein Blitzschlag in Trie Pennsylvanien an (Lum. él. 17, 628). Die Kraftmaschine wurde zerstört, ebenso alle elektrischen Strassenlampen.

Digitized by Google

Genaueres über die Art der Zerstörung der Maschine giebt ein Fall in Sirvens (Ecl. él. 1, 93; F. E. 8, 450) an. Eine Thury'sche Maschine wurde durch einen Blitzschlag in der dort befindlichen Kraftübertragungsanlage zerstört, indem fast alle Drähte nahe beim Commutator brachen.

Ferner El. World 12, 84. Bei Maschinen Schmelzung der Wickelung und Zerstörung der Isolation, indem ein directer Uebergang von Draht zum Anker und Gerüst erfolgt.

Görges beschreibt (E. Ztschr. 17, 514) einen Blitzschlag in einer Anlage, die durch einen Ableiter aus mehreren einander gegenüberliegenden Kohlen in festem Abstande von einander geschützt war. Die Ableitungen zur Erde waren mit Sicherungen versehen, die aus dünnen Kupferdrähten (0,3 mm) bestanden. Zur Auslöschung des eventuell eintretenden Kurzschlussfunkens musste momentan der Betrieb der Anlage unterbrochen werden. Bei einem Blitzschlage war der Draht schwarz angelaufen, aber nicht durchgeschmolzen; die Stromstärke stieg bedeutend, die Sicherung in der Hauptleitung schmolz durch. Dieses theilweise Versagen des Ableiters ist darauf zurückzuführen, dass an einer anderen Stelle der Blitz von der Leitung zu dem Gehäuse eines Transformators übergegangen ist, hier die Porcellandurchführungshülse durchgeschlagen, einen kleinen Brandschaden an dieser Stelle verursacht, aber den Transformator selbst nicht beschädigt hat.

In anderen Fällen sind Transformatoren verbrannt; in einem Falle hat der Oelblitzableiter nicht gewirkt, da der Blitz an ihm vorbei in einen ganz in der Nähe befindlichen Transformator geschlagen ist. Doch haben sich auch bei einer Reihe von solchen Blitzableitern Brandstellen gefunden, so dass dieselben functionirt haben müssen.

Nach El. W. 16, 416; F. E. 1890, 840 erfolgte ein Blitzschlag während der Fahrt in einen Wagen einer elektrischen Bahn nach Sprague'schem System, bei welchem augenblicklich nur wenige Windungen der Motormagnete eingeschaltet waren. Nur diese wurden beschädigt, die anderen nicht.

Sehr glimpflich kam die Wiener Ausstellung davon. Hier ging (E. Ztschr. 13, 397) ein Blitzschlag in die Leitungen nieder, schloss einen Einschalter, so dass alle Lampen sich entzündeten. Oliver Lodge theilt in seinem Buche (Lodge, S. 377) mit, dass nach Nachrichten von Muirhead und Gott durch Blitzschläge Condensatoren durchschlagen sind, ferner wahrscheinlich Fehler in der Isolirung von Kabeln hervorgerufen wurden.

Von privaten Mittheilungen können noch folgende mitgetheilt werden.

Aus dem Geschäftsgebiete der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft Berlin wird aus Prag gemeldet, dass sich bei starkem Gewitter am Collector der Maschine grosse Funken zeigten, der Maschinenwärter,

Digitized by Google

welcher dem abhelfen wollte, wurde von der Entladung, allerdings ohne erheblichen Schaden, getroffen. Der vorhandene Blitzableiter mit Solenoidwirkung (Nr. 133) hat sich bewährt. In Rostock wurde durch einen Blitzschlag ein langes Stück eines zur Erde führenden Drahtseiles geschmolzen. Dagegen sind die langen Leitungsdrähte der Centrale gar nicht durch Blitzableiter geschützt, trotzdem nicht beschädigt.

Bemerkenswerth sind zwei Erfahrungen über den Einfluss des Erdschlusses der Apparate. In Stockholm war das Transformationsgestell für 3000 Volt zum Schutze der Arbeiter an Erde gelegt. Ein Solenoidblitzableiter (Nr. 133) schützte die Anlage. Trotzdem schlug die Entladung in den Transformatorraum, schmolz die Schmelzsicherung, sprang an der ersten Einführungsklemme zum Gestelle des Transformators über. Ein Gummirohr, welches bei der Einführungstelle in den Raum den Draht umgab, wurde entzündet und diese Flamme auf den Transformator übertragen. Auf Grund der Erfahrungen bei diesem Schlage wurde das Transformatorengestell von der Erde isolirt und noch eine Inductionsspule vor den Schmelzdraht geschaltet; seitdem haben wohl die Lampen bei einem Blitzschlage aufgeleuchtet, aber sonst ist kein Schaden eingetreten.

In Pontresina wurde zweimal in zwei auf einander folgenden Jahren die elektrische Primärstation der Kraftübertragung durch Blitz vollständig zerstört, bis man im dritten Jahre die Maschinenanlage vollständig von der Erde isolirte. Seit dieser Zeit — sechs Jahre her — sind Beschädigungen durch Blitz nicht mehr vorgekommen.

Bei den von der Firma Schuckert ausgeführten Anlagen sind in den letzten Jahren 16 Fälle von Beschädigungen zu verzeichnen.

In einem Falle wurde die Isolation des Stromgebers zwischen Lamellen und Eisenring eingeschlagen.

In zwei Fällen trat eine Zerstörung von Bogenlampen ein; der Blitz hatte die Seidenschnur und das Sperrrädchen der Lampen zerstört.

In drei Fällen wurden Zähler zerstört, einmal dadurch, dass der Blitz den Zwischenraum zwischen Zu- und Ableitungen übersprang und die Grundplatte des Zählers verbrannte; zweimal dadurch, dass er den Widerstand der Trommel zerstörte.

Einmal verbrannte der Blitz die Isolation eines automatischen Ausschalters, ging von da nach der Maschine, übersprang den Luftraum zwischen den Ringen des Bürstenhalters und ging zur Erde ab.

In zwei Fällen schlug die Entladung Spannungsmesser durch, wobei in einem Falle die Zerstörung dadurch hervorgerufen wurde, dass nach einem ersten Blitzschlage ein Ableiter Erdschluss bildete, ein zweiter Blitzschlag das Instrument zerstörte.

Ein Blitzschlag führte einen directen Durchbruch einer Telephonleitung herbei.

In zwei Fällen wurden Starkstromsicherungen und deren Fassungen zerstört.

Digitized by Google

Drei Blitzschläge hatten Zerstörungen von Glühlampen zur Folge.

Ein Blitzschlag zerstörte die primäre Wickelung eines Transformators, sprang auf die secundäre Wickelung über und ging über diese zur Erde.

Die Union Elektricitäts-Gesellschaft weiss nur von einem schädlichen Blitzschlag im Sommer 1897 zu berichten, der eine Zerstörung eines Thomson-Houston'schen Blitzableiters auf der Linie Reichenbergerstrasse Berlin zur Folge hatte. Doch war der Grund eine fehlerhafte Montage.

Amerika hat unter viel stärkeren Gewittern zu leiden, wie die anderen Länder, so dass dort auch, wie die in dem zweiten und dritten Theile wiedergegebenen Einrichtungen zeigen, der grösste Eifer in der Herstellung von Blitzschutzvorrichtungen obwaltet. Leider sind Einzelheiten über die jedenfalls zahlreichen Blitzschäden nicht bekannt geworden.

Beachtenswerth ist folgende Beobachtung:

Bei entfernten Gewittern nimmt oft ein Theil der Entladung trotz tadelloser Beschaffenheit der Blitzableiter seinen Weg in die Apparate. — Die Anker werden sehr heftig angezogen, während dieses bei nahem Gewitter nicht geschieht. Den Grund hierfür findet Zielinski (E. Ztschr. 14, 310) in dem Umstande, dass bei nahem Gewitter die Curve des Entladungsstromes sehr steil abfällt, bei entfernteren viel flacher. Deshalb wirkt die Selbstinduction der Apparate bei nahen Gewittern sehr viel stärker und drängt die Entladung mehr nach dem Blitzableiter.

Digitized by Google

Fünfter Theil.

Erfahrungen über das Verhalten der Blitzableiter bei atmosphärischen Entladungen.

Achtzehntes Capitel.

Schwachstromanlagen.

Ueber die Beschädigungen, welche die Blitzableiter im Verwaltungsbereiche des Reichspostamtes erfahren haben, wurden bis zum Jahre 1888 sehr interessante Angaben veröffentlicht. Nach der E. Ztschr. 8, 493 stellen sich diese Beschädigungen in Procenten des Bestandes:

	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Stangenblitzableiter .	0,320	0,147	0,111	0,162	0,068	0,048	0,044
Schneiden- u. Plattenblitzableiter . . .	1,292	0,871	1,124	0,516	0,538	0,377	0,261
Spindelblitzableiter .	?	12,154	13,537	13,079	13,210	10,212	12,175

Der auffallende Rückgang in der Beschädigung der Stangen- und Plattenblitzableiter seit 1885 hat keine merkbare äussere Ursache. Für die Annahme, dass etwaige Aenderungen in der Beurtheilung dessen, was als Schaden anzusehen ist, von dem Jahre 1885 an eingetreten sind, giebt die Veröffentlichung keinen Anhalt. Die Ausdehnung des Telephon- und Telegraphennetzes kann insofern eingewirkt haben, als sich jeder Blitzschlag in seinen Wirkungen sehr viel mehr verzweigt hat und daher auf die einzelne Stelle weniger Energie entfallen ist. Der Procentsatz der beschädigten Spindelblitzableiter ist ebenfalls gegen die ersten Jahre der Einführung des Fernsprechbetriebes ganz erheblich heruntergegangen. Denn noch im Jahre 1880 wurden von 1939 an Fernsprechapparaten aufgestellten Blitzschutzvorrichtungen 1327 Stück zerstört (El. Ztschr. 1, 429). In 20 Fällen wurden ausserdem diese Blitzableiter und die zu schützenden Fernsprecher verletzt.

Im Jahre 1889 ist dagegen die Telephonleitung in Berlin zwar sehr oft vom Blitzschlage getroffen, aber die Apparate haben keinen Schaden gelitten.

Digitized by Google

Kurzschluss tritt sehr oft bei Telegraphenblitzableitern ein, so dass eine genaue Besichtigung derselben nach jedem Gewitter nöthig ist. Einer Angabe von Buchner zu Folge (D. R.-P. Nr. 59978) sollen 95 Proc. aller Erdschlüsse hierauf beruhen. Namentlich ist dieser Umstand zu befürchten, falls zwischen den Platten ein verkohlbares Dielektricum liegt, wie Seide oder paraffinirtes Papier (E. Ztschr. 3, 333).

Neunzehntes Capitel.

Starkstromanlagen.

Bei den Starkstromleitungen haben sich nach den Mittheilungen, welche dem Verfasser auf privatem Wege geworden sind, die Stangenblitzableiter Nr. 55 durchweg schlecht bewährt. Es sind vielfach Erdschlüsse durch dieselben zu Stande gekommen, sodann sehr starke Abschmelzungen durch Kurzschluss. Vgl. auch Vierter Theil.

An den Säulenblitzableitern Nr. 117 ist von der A. E. G. in ihren Anlagen selbst keine Verletzung bemerkt, dagegen haben diese Ableiter in einigen Fällen die Entladung nicht abgeführt. So ging in der Kieler Ausstellung die Entladung trotz Blitzableiter durch die Maschine unter Zerstörung des Ankers; in der Ilseder Hütte sind wiederholt Transformatoren durchgeschlagen und die Entladung durch das Eisengestell des Transformators zur Erde gegangen. Gleiches ist in Reymeyre beobachtet.

Gebrüder Naglo dagegen haben über die von ihnen gelieferten Säulenblitzableiter (Nr. 120) nichts Nachtheiliges gehört.

Gleichwie bei den Telegraphenblitzableitern sich nachtheilige Wirkungen der verkohlbaren Dielektrica zeigten, ebenso ist es bei Starkstromleitungen. Wie aus den früheren Angaben ersichtlich wird, hat man den Kurzschlussfunken dadurch herunterzudrücken versucht, dass man denselben im Oele überschlagen lässt. Das Oel wird jedoch durch den Funken zersetzt und giebt dann zu Kurzschluss Veranlassung, so dass, wo solche Oelreservoire noch angewandt werden, nach jedem Gewitter Besichtigung nöthig ist.

Sehr gut bewährt hat sich in Transvaal der Tankblitzableiter von Wurts (Nr. 104). Ebenso der Blitzableiter mit Solenoidauslöschung (Nr. 131). Nur wird bei dem letzteren oft durch den Anstoss des gehobenen Eisenkernes der obere Porcellankopf zerschmettert.

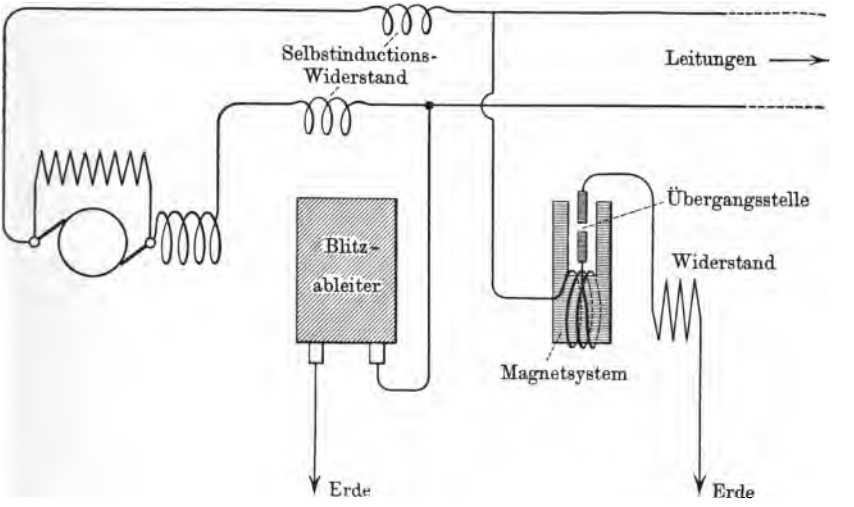
Die E. Thomson'schen Blitzableiter mit Ausblasmagneten werden von der Gesellschaft Union Berlin sehr gerühmt. Sie werden nach folgendem Schema benutzt (Fig. 107). Dagegen sind Erfah-

Digitized by Google

rungen Anderer, wie der A. E. G. und Siemens und Halske, nicht so günstig.

Um die Leitung ganz zu schützen, ist vielfach versucht worden, Stacheldraht, welcher mit der Erde verbunden wird, über die ganze Linie zu spannen, so zeitweise in der Schweiz und dann namentlich in

Fig. 107.



Transvaal (Nr. 87). Doch scheint der Versuch keinen grossen Erfolg gehabt zu haben, so dass in der Schweiz der Draht wieder entfernt ist. Dagegen sind von der A. E. G. mit Erfolg den Leitungen gegenüber zur Erde abgeleitete Saugspitzen aufgestellt worden.

Digitized by Google

Sechster Theil.

Experimentelle Versuche mit Blitzableitern.

Wenn auch die im Laboratorium zur Verfügung stehenden Elektricitätsquellen immer schwache bleiben gegenüber den Spannungen und Mengen von Elektricität, die bei den Blitzentladungen ins Spiel treten, so bieten sie nicht zu verachtende Mittel, die Zweckmässigkeit der einzelnen Blitzschutzvorrichtungen zu prüfen. Wir gebieten ja auch schon über Spannungen bis 50 000 Volt und mehr, verbunden mit ziemlichen Mengen von Elektricität. Ueber Versuche mit solchen Spannungen ist allerdings wenig veröffentlicht worden. Die meisten experimentellen Arbeiten beziehen sich auf wesentlich geringere Spannungen. Für die Frage, wie am besten der dem Blitzschlage folgende Kurzschluss vermieden wird, genügt es natürlich so wie so, dass man hier nur mit den Spannungen arbeitet, welche thatsächlich im praktischen Leben auftreten.

Der leichteren Uebersicht halber sollen diese Versuche in zwei Abschnitten behandelt werden, der eine, welcher sich auf allgemeinere für Stark- und Schwachstrom zugleich wichtige Ergebnisse bezieht und einen zweiten, der insbesondere nur für Starkstromfragen in Betracht kommt. In dem ersten Abschnitte befinden sich daher alle auf Telegraphenblitzableiter bezügliche Versuche.

Zwanzigstes Capitel.

Versuche allgemeinerer Art und solche mit Schwachstromblitzableitern.

Von allgemeiner Bedeutung ist eine Arbeit von Töpler (E. Ztschr. 5, 249). In derselben wird gezeigt, dass schon die Entladungen von Leydener Flaschen auf Blitzableiter zu Seitenentladungen aus diesen

Digitized by Google

Veranlassung geben, um so mehr, je grösser der Ausbreitungswiderstand ist und je rascher die Entladung verläuft. Von besonderer Bedeutung ist, dass die Capacität der Leiter, welche von der Entladung getroffen werden, eine Rolle spielt. Je grösser diese Capacität, desto kleiner die Funken der Seitenentladung.

Eine grosse Anzahl von Versuchen sind von Lodge angestellt worden mit Entladungen von Leydener Flaschen oder anderen Condensatoren, und zwar mit Funkenstrecken, parallel zu welchen metallische Schliessungsbögen geschaltet wurden. Die Versuche finden sich in dem Werke von O. J. Lodge, Lightning Conductors and Lightning Guards, zusammengestellt. Verschiedene Zeitschriften enthalten einzelne Theile dieser umfassenden Untersuchungen. So wird in Lum. él. **36**, 583 u. s. f. eine ziemlich ausführliche Darstellung gegeben. Hier findet sich auch die an einen Vortrag von Lodge sich anschliessende lehrreiche Discussion.

In dem ersten Versuche war parallel zu einer kleinen Funkenstrecke ein dünner isolirter Draht in einer Schleife geschaltet. Bei Entladung einer Leydener Flasche ging der Funke über die Funkenstrecke, aber gleichzeitig wurde auch in der Schleife die Isolirung zerstört, ein Beweis, dass jeder Ableiter das Uebertreten der Entladung in die zu schützenden Apparate nicht ganz vermeiden kann. Aehnlich wie Töpler wies dann Lodge nach, dass bei Entladung einer Flasche durch einen Draht, von diesem auf benachbarte Drähte Funken übergehen können.

Schaltet man in den Nebenschluss ein Galvanometer ein, so werden durch dieses auch noch geringe Störungen des elektrischen Gleichgewichtes angegeben. Bei schwachen Entladungen von Leydener Flaschen, die dauernd an eine Elektrisirmaschine angeschlossen werden, zeigte sich eine Ablenkung der Nadel, bei stärkeren nur eine unruhige Bewegung. Dieser Unterschied rührt davon her, dass im letzten Falle die Entladung durch die Isolirung im Galvanometer von Draht zu Draht übersprang. Vermieden wurde dieser Uebelstand durch ein Sicherheitsventil, bestehend in einer sehr kleinen Luftstrecke parallel zum Galvanometer. Hier zeigten sich, auch wenn die Hauptfunkenstrecke direct metallisch geschlossen war (nach Fig. 108, a. f. S.), stets kleine Funken. Der Umstand, dass ohne dieses Sicherheitsventil das Galvanometer stehen blieb, während bei Einschaltung desselben eine sehr lebhafte Bewegung begann, wird für den Nachweis der Rückschläge bei Blitzentladungen herangezogen (Lodge, St. 384).

Um die Wirksamkeit von Blitzableitern zu untersuchen, wurden diese in den Leitungszweig, der zum Galvanometer führt, geschaltet, z. B. bei einem Saunders'schen Ableiter nach der Art von Fig. 109. Das Galvanometer bewegte sich, so lange der Ableiter nicht in Wirkung trat. Wurden die Entladungen stärker, so verringerten sich die Bewegungen der Galvanometernadel bis beinahe zum Verschwinden, da die Entladung durch den Blitzableiter abgeführt wurde. Dagegen

Digitized by Google

zeigten sich in dem Sicherheitsventil stets noch kleine Funken. Wurde an Stelle des Saunders'schen Ableiters ein Lodge'scher (Nr. 96) eingeschaltet, so blieben auch diese im Sicherheitsventil aus, woraus die

Fig. 108.

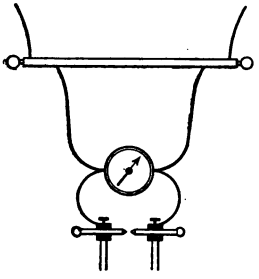
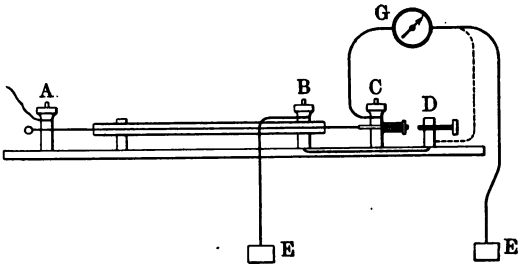


Fig. 109.



Ueberlegenheit dieses Ableiters gefolgert wird. Die Unterdrückung desjenigen Satzes von Inductionsspulen bei dem letzten Ableiter, welcher in der zur Erde führenden Leitung liegt, hatte praktisch keinen Nachtheil, wenn auch theoretisch nach Lodge diese vereinfachte Schaltung nicht richtig sein soll, da die Entladungen nicht von der Wolke allein ausgehen können, sondern auch von der Erde.

Für die Schaltung des Ableiters ist nach diesen Versuchen geboten, dass der Ableiter den kürzesten Weg zur Erde bildet. Daher wäre Schaltung (Fig. 110) fehlerhaft, gut ist Schaltung Fig. 111. *A* bedeutet das Galvanometer oder den zu schützenden Apparat. *B* den Biltzableiter.

Fig. 110.

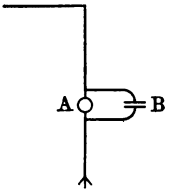
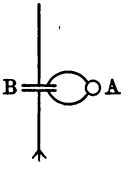


Fig. 111.



Ein anderer Theil der Versuche zeigt, dass, wenn der Apparat, z. B. Galvanometer, in ein geschlossenes metallisches Gehäuse eingeschlossen wird, Entladungsschläge keine Wirkung haben, auch wenn die Zuleitungsenden zum Galvanometerdraht an die Wände des Gehäuses angeschlossen sind, während das Anlegen einer constanten Elektricitätsquelle an diese Wände oder an damit in Verbindung stehende Kabelbelegungen das Galvanometer beeinflussen. Lodge will hiermit beweisen, dass die Einführung der Kabelenden in ein geschlossenes Gebäude mit metallenen Wänden, an welche die äusseren Schutzdrähte des Kabels angeschlossen sind, vor Störungen bei Blitzentladungen schützt, dagegen nicht vor Störungen durch Erdströme.

In der oben erwähnten Discussion findet Saunders die Befürchtung von Lodge übertrieben und berichtet, dass sein Blitzableiter bisher die Kabel ausnahmslos geschützt hat, wenn auch die feinen Schutz- und Entladungsdrähte oft geschmolzen sind. W. Thomson

Digitized by Google

schliesst sich dem an. Dieser empfiehlt, den feinen Schutzdraht hinter den Plattenblitzableiter zu schalten, damit die Erde von der Linie frei bleibt. Ebenso hält Preece den Ableiter Lodge für unnöthig. Er erwähnt, dass schon seit 1879 zwischen Kabel und Plattenblitzableiter eine Inductionsspule eingeschaltet ist.

Die 117 Kabel des englischen Telegraphenamtes sind vollständig durch Plattenblitzableiter geschützt worden.

Steffen berichtet, dass, nachdem zum Blitzableiter Siemens noch ein dünner Platindraht hinzugefügt wurde, die Beschädigungen der Apparate, die früher vorkamen, aufhörten. Ayrton meint, dass bei Lichtleitungen die Plattenblitzableiter ungenügend seien. Die Drahtblitzableiter seien wegen der grossen Intensität der durchgeleiteten Ströme nicht zu gebrauchen.

Lodge empfiehlt schliesslich eine Verbindung seines Blitzableiters mit dem Drahtblitzableiter, ersteren zur Verhütung der hohen Potentiale, letzteren zur Vermeidung zu starker Ströme.

Auch die Ansicht von Lodge, nach welcher alle Entladungserscheinungen beim Blitz auf der Oberfläche verlaufen, hat vielfach Anfechtung erfahren. So sucht W. H. Preece (Tel. J. 8, 292) diese Frage, ob es für die Fortpflanzung der Blitzentladung auf die Oberfläche des Leiters mehr ankomme, als auf den Querschnitt, dadurch zu lösen, dass er 30 Fuss Kupfer von der verschiedensten Gestaltung, aber mit dem gleichen Querschnitt, Draht, Cylinder u. s. f. hinter einem langen, dünnen Platindraht in die Entladungsleitung eines Condensators von 42,8 Mikrofarad schaltete, der von einer Batterie von 3317 Chlorsilberelementen geladen war. Der Platindraht gerieth ins Glühen; aus der Stärke des Glühens konnte auf den Theil der Energie geschlossen werden, welchen der Kupferleiter verschluckte.

Alle Formen des Querschnittes erwiesen sich ganz gleichwerthig, so dass es hiernach nicht auf die Grösse der Oberfläche ankommt.

Den Versuchen von Preece, wonach auch die Ableitung der atmosphärischen Elektricität dem Ohm'schen Gesetze folgen soll, somit eine besondere Oberflächenausdehnung nicht nöthig sei, stellt du Moncel Versuche von Guillemin aus Anlass der Thätigkeit einer in Frankreich 1866 niedergesetzten Commision zur Untersuchung der Blitzableiter im Telegraphenbetriebe gegenüber. Es wurde in den Entladungskreis einer Leydener Batterie von neun Flaschen, die ihre Ladung durch einen Ruhmkorff'schen Inductionsapparat erhielten, neben einander der an dem einen Ende mit der Erde verbundene, zu untersuchende ableitende Draht oder Streifen und ein gleichfalls mit Erde verbundener Eisendraht von $^1/_{10}$ mm Durchmesser geschaltet. Aus der grösseren Erwärmung des Drahtes schloss man auf die geringere Güte des ableitenden Drahtes. Hierbei ergab eine grössere Oberflächenausdehnung des letzteren für diesen stets eine bessere Wirkung (Lum. él. 2, 393; C. R. 62, 1083).

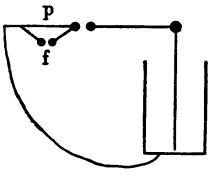
Digitized by Google

Der Ansicht, dass der Oberflächenausbildung der Leiter nicht zu viel Gewicht beizulegen ist, kommt zu Hülfe, dass die Blitzentladungen oft sehr langsam erfolgen. Allerdings können dabei auf dem Leiter trotzdem sehr rasch verlaufende Schwingungen erfolgen.

Die seitlichen Entladungen, welche Töpler und Lodge beobachtet haben, sind auch sonst mehrfach bestätigt. So macht Menz (Lum. él. **12**, 106) bei Gelegenheit einer Erörterung über den Melsens'schen Blitzableiter folgenden Versuch.

Bei *p* (Fig. 112) ist parallel zur Funkenstrecke *f* einer Leydener Flasche ein dünner Platindraht von 30 cm Länge ausgespannt. Ist

Fig. 112.



$f > 3$ mm, so geht die Entladung nur durch den Platindraht und macht diesen glühend. Von $f = 3$ mm an geht auch bei *f* ein Funke über. Es ist somit das Potential, welches nöthig ist, *p* zu durchsetzen und glühend zu machen, manchmal 100 mal kleiner wie dasjenige, welches nöthig ist, um die Strecke zu durchschlagen. Guillemin und Hughes (Lum. él. **42**) zeigten, dass die Telegraphenblitzableiter nicht vollkommen wirkten, weil sie das Schmelzen und Verbrennen eines dünnen Drahtes durch die Entladung einer Leydener Flasche nicht hindern konnten.

Von Bedeutung für die Potentiale, welche bei den atmosphärischen Entladungen über den Blitz zum Ausgleich gebracht werden, sind Versuche von Siemens und Halske angestellt (E. Ztschr. 8, 202), wonach zwischen Platten bei Wechselströmen ein Durchschlagen eintritt:

bei einer Spannung von 1000 Volt bei 0,5 mm Dicke der Luftschicht,
" " " " 2300 " " 0,7 " " " "

Dagegen wird eine Schicht von 0,05 mm Guttapercha bei letzterer Spannung noch nicht durchbrochen.

Hingegen behauptet Precht (Lum. él. **49**, 429), dass die Blitzentladung erst bei 15000 Volt beginnt. Eine Spitze konnte bis 25000 Volt geladen werden, ohne sich zu entladen. Staub um die Spitze macht die Entladung noch schwerer. Ein Bündel Spitzen kann noch auf ein höheres Potential geladen werden als eine einfache Spitze.

Diese Versuche stimmen aber nicht mit neueren Versuchen von Oberbeck.

Von allgemeinem Interesse, insbesondere für die Auswahl der Schmelzdrähte, sind Versuche von Preece (Lum. él. **27**, 487), in welchen der Zusammenhang zwischen dem Durchmesser *d* von Drähten und den zum Glühen der letzteren nöthigen Stromintensitäten aufgesucht wurde. Es konnte empirisch die Formel aufgestellt werden $i = ad^{3/2}$:

Digitized by Google

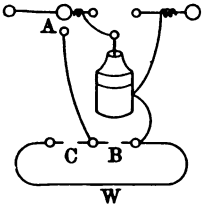
	d	a	i_1	i_2
Kupfer	0,01	110	3,06	3,03
	0,66		44,59	54,04
Platin	0,25	48	3,92	6,28
	0,86		20,32	30,47
Aluminium	0,1	80	2,14	3,54
	0,66		35,40	44,26

i_1 Stromintensität, welche Glühen bewirkt,
i_2 „ „ Durchschmelzen bewirkt.

Für die Schmelzwirkungen des Blitzes sind auch Erfahrungen an Blitzschlägen in Blitzableiterspitzen von Bedeutung. Nach Hess (E. Ztschr. 12, 122) sind Kupfer- und Messingplatten bis zu 36,09 qmm abgeschmolzen und bis 41 qmm glühend geworden, Platinspitzen nur bis zu 20,0 qmm abgeschmolzen.

Acheson's Versuche (Lum. él. 33, 42; El. World 13, 33). Um die Verhältnisse zu untersuchen, unter welchen ein Blitzschlag die Isolirung eines Kabels durchschlägt, wurde folgende Versuchsanordnung für Entladung einer Batterie von Leydener Flaschen gewählt.

Fig. 113.



Die Funkenstrecke B (Fig. 113) stellt das eventuell zu durchschlagende Kabel dar. Parallel zu derselben ist ein Draht W mit einer Funkenstrecke C, welche den Blitzableiter wiedergiebt, geschaltet, W stellt den zur Erde führenden Draht dar. Die Strecke B wurde nun so lange regulirt, bis in A und B gleichzeitig ein Funke überging. Darauf verkürzte Acheson den Draht W und bestimmte von Neuem den eben genannten Punkt. Gleiche Versuche wurden bei Unterdrückung der Funkenstrecke C angestellt. Es giebt das dann die von Lodge gewählte Anordnung.

Aus den Ergebnissen folgt, dass die Grösse der Strecke C einen grossen Einfluss auf die Länge von B hat, wenn der Draht W nur einige Centimeter lang ist.

Der Einfluss nimmt mit wachsender Länge von W ab und ändert schliesslich sein Zeichen. Auch das Material des Drahtes W hatte einen Einfluss jedoch nur bei längeren Strecken W. Für Eisen ist bei gleicher Länge von W die Funkenstrecke in B geringer wie für Kupfer; dagegen hat der Durchmesser von W keinen Einfluss. Es werden aus den Versuchen folgende Schlussfolgerungen gezogen.

1. Die Erdplatte muss mit der Erde durch einen möglichst kurzen Draht verbunden werden; dementsprechend darf die Verbindung einer Luftleitung mit dem Kabelmantel unter Einschaltung eines Blitzableiters nur Drahtlängen von wenigen Centimetern enthalten.

Digitized by Google

2. Jede Zerstreuung der Energie der Entladung drückt die Selbstinduction im Blitzableiter herunter, macht also den Blitzableiter wirksamer.

Die gefundenen Resultate werden mit Recht auf die Selbstinductionswirkungen des Drahtes *W* zurückgeführt. Die Wirkung derselben hat Acheson auch dadurch nachgewiesen, dass er auf photographischem Wege die längere Dauer des Funkens in *B* gegenüber der des Funkens *A* sichtbar machte.

An diese Arbeiten allgemeineren Inhaltes schliessen sich solche, welche sich direct mit dem Vergleiche verschiedener Blitzableiter beschäftigen.

Van Rysselberghe stellte Versuche (Revue internationale de l'électricité 4, 243 und 279) über die Wirksamkeit verschiedener Blitzableiter in der Weise an, dass der betreffende Ableiter an eine Batterie von einer veränderlichen Zahl von Leclanché-Elementen angelegt und dann die Zahl der Elemente verändert wurde, bis eine Entladung durch den Ableiter eintraf. Im Maximum standen 500 Elemente, also etwa 700 Volt zur Verfügung. Die Entfernung der beiden Theile des Blitzableiters konnte dem entsprechend nur sehr klein sein. Untersucht wurden:

1. Platinspitze gegen ebene Scheibe, Entfernung 0,01 bis 0,06 mm.

2. Abgestumpfter Platinkegel gegen ebene Scheibe, Entfernung 0,01 mm.

3. Zwei Platinspitzen, Entfernung 0,01 bis 0,03 mm.

4. Zwei kreisförmige, ebene Platten (55 mm Durchmesser), Entfernung 0,06 mm.

5. Zwei ebene, metallische Scheiben (55 cm Durchmesser) mit isolirender Papiereinlage, Entfernung 0,05 bis 0,06 mm.

6. Dasselbe wie bei 5., nur mit mehreren Löchern in der Papiereinlage, Entfernung 0,06 mm.

7. Siemens' Ableiter mit gereifelten Platten, Entfernung 0,30 bis 0,06 mm.

Am wirksamsten erwies sich die Anordnung 5. insofern, als bei dieser eine regelmässige Entladung bei der geringsten Anzahl von Elementen erfolgte.

Gleichfalls mit galvanischen Elementen arbeitete Preece (Tel. E. 7, 294).

Er machte vergleichende Versuche über das Verhalten von Plattenblitzableitern mit gereifelten Platten und glatten Platten unter Benutzung der Chlorsilberbatterie von Warren de la Rue. Bei 1500 Elementen erfolgte bei glatten Platten mit einem Abstande von 0,01 Zoll ein continuirlicher Uebergang, bei gereifelten auch, aber nicht so regelmässig. Auch in diesen Versuchen zeigen sich somit glatte Platten gereifelten überlegen.

Digitized by Google

Den vorstehenden Versuchen ist entgegengehalten worden, dass dieselben mit anders gearteten Elektricitätsquellen angestellt sind, wie wir in der atmosphärischen Elektricität als wirkend annehmen müssen.

Deshalb sind dieselben in anderer Weise von Lagarde wiederholt.

Derselbe bediente sich (Ann. tél. **14**, 419) einer Batterie von sechs Leydener Flaschen. Von der inneren Belegung derselben wurde unter Zwischenschaltung einer regelbaren Funkenstrecke eine Verbindung nach einem Riess'schen Luftthermometer L geführt, an dessen anderem Ende ein Draht zur äusseren Belegung der Batterie ging. Parallel zu dem Luftthermometer konnte der Blitzableiter geschaltet werden. Bei der Ladung der Batterie stieg das Potential allmälig so hoch, dass eine Funkenentladung über die Funkenstrecke eintrat. Gleichzeitig wurde eine Flüssigkeitssäule in L um eine gewisse Anzahl von Theilstrichen verschoben, die als ein Maass für den auf L fallenden Theil der Entladung galten. L stellt hierbei den durch den parallel geschalteten Blitzableiter zu schützenden Apparat vor. Ist n die Zahl der abgelesenen Theilstriche, wenn kein Blitzableiter vorhanden war, und n_1 die beim Vorhandensein eines solchen, so giebt $\frac{n - n_1}{n}$ den relativen Schutz des Blitzableiters. Von letzteren wurden die älteren französischen, zwei gegenüberstehende Platten mit aufgesetzten Spitzen (Platte und Spitze gegenüber einer Platte), sowie Plattenblitzableiter mit polirten Flächen und solche mit Reifelungen untersucht. Am wirksamsten erwies sich der Plattenblitzableiter mit ebenen Flächen (Messingplatten 118 mm zu 70 mm in 1 mm Abstand von einander). Die Grösse des relativen Schutzes hängt von der Funkenstrecke und dann von der Quantität der zur Entladung kommenden Elektricitätsmenge ab. Je grösser die letztere ist, desto geringer ist der Schutz.

Ergänzende Versuche mit weiteren Blitzableitern werden (Ann. tél. **16**, 25) mitgetheilt. Es kam vor Allem noch ein Ableiter hinzu, bei welchem den beiden Seiten der an die Leitung angelegten Ableiterplatte zwei mit der Erde verbundene Platten gegenübergestellt waren. Dieser Ableiter war der beste. Seine Schutzwirkung war $P_d = 0{,}9631$, während ein Spitzenblitzableiter P_e mit Guttaperchapapier nur 0,9491 hatte und der Ableiter Bertsch 0,9391.

Der Hauptzweck dieser Fortsetzung der Untersuchung war aber die Aufsuchung des Einflusses des Erdwiderstandes, zu welchem Zwecke zwischen die Erdplatte des Ableiters und die äussere Belegung der Leydener Batterie Widerstände eingeschaltet wurden, die kleineren bis 4 Ohm aus Kupferdraht, die grösseren aus Kupfersulfatlösung. Ob der Drahtwiderstand ohne Selbstinduction war, ist nicht gesagt. Die Ordnung der Güte der Ableiter blieb dieselbe. Der Widerstand hatte erheblichen Einfluss, z. B. für:

Digitized by Google

P_d	2	Ohm	0,9838
„	4	„	0,8834
„	100,2	„	0,1316

Ein hinter das Riess'sche Luftthermometer eingeschalteter Schmelzdraht wurde nicht durchgebrannt, wenn der Erdwiderstand 2 Ohm betrug, wohl aber bei 7 Ohm.

Widerstandseinschaltung vor das Luftthermometer, also in die Linie, vergrössert die Wirksamkeit des Ableiters. Aus dem erwähnten Versuche über das Schmelzen eines Drahtes wird gefolgert, dass ein solcher Draht überhaupt nicht nöthig sein wird, falls die Erdleitung sehr gut ist.

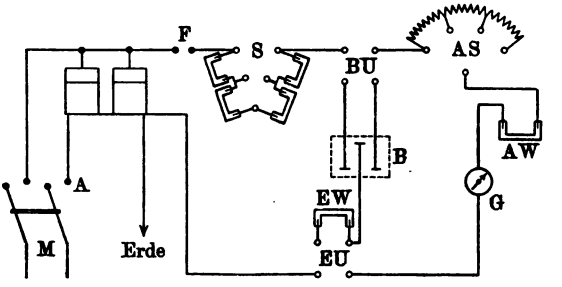
Der Versuchsanordnung von Lagarde gegenüber erhebt Zielinski (E. Ztschr. **14**, 319) den Einwand, dass das Riess'sche Luftthermometer mit dem hinzugefügten Flüssigkeitswiderstande die Verhältnisse, unter welchen die Blitzableiter wirken sollen, deshalb nicht getreu wiedergiebt, weil die Selbstinduction der zu schützenden Apparate, welche die Entladung nach dem Blitzableiter drängen, gar nicht zur Beachtung kommt. Es sind daher die Versuche wiederholt worden unter Einschaltung von Drahtrollen mit verschiedenen Selbstinductionscoëfficienten und verschiedenen Widerständen. Der Durchmesser des blanken Drahtes der Inductionsrollen betrug 1 mm. Die Dicke der Isolationsschicht 0,7 mm. Die Spule konnte in sieben Unterabtheilungen von je 272 Windungen benutzt werden. Der Widerstand der ganzen Spule betrug 10,8 Ω, die Selbstinduction 0,56 Quadrant (Henry). Vorgeschaltet wurde ein Wasserwiderstand von 100 Ω. Die Telegraphenapparate wiesen dem gegenüber Widerstände von 1100 Ω bis 100 Ω und Selbstinduction von 28 bis 0,1 Quadrant auf. Die Versuchsmethode war sonst im Wesentlichen die von Lagrange, nur konnte das Riess'sche Luftthermometer nicht verwendet werden, weil geringe Werthe der Selbstinduction die Stromcurve so abflachten, dass das Thermometer nichts mehr angab. An Stelle dieses Thermometers wurde daher ein Wiedemann'sches Galvanometer genommen und die Verschiebung der Ruhelage bei zu starken Entladungen durch Vorschalten von grossen Wasserwiderständen zu vermeiden gesucht. Ferner wurden nur Elektricitätsmengen genommen, die sich in 5 mm langen Funken ausglichen. Das Schema der Versuchsanordnung giebt Fig. 114.

Eine durch einen Elektromotor getriebene Influenzmaschine mit vier umlaufenden Scheiben konnte durch einen doppelpoligen Ausschalter A mit einer Leydener Batterie von vier Flaschen (0,009 Mikrofarad) verbunden werden. Die äussere Belegung lag an Erde, die innere an einer Funkenstrecke F zwischen Kugeln von 5 mm Abstand. Hinter der Funkenstrecke kommen die verschiedenen Wasserwiderstände S zur Abflachung der Entladungscurve, dann ein Umschalter,

Digitized by Google

zur Einschaltung der Blitzableiter B, ferner die Selbstinductionsrolle AS, der Wasserwiderstand AW von 100 Ω, dann das Galvanometer G mit 1,2 Dämpfungsverhältniss. Die Erdplatte des Blitzableiters

Fig. 114.



hatte, eventuell unter Einschaltung eines Wasserwiderstandes EW, Verbindung mit der äusseren Belegung der Leydener Batterie. Der Blitzableiter B wurde, wo es ging, einmal als Durchgangsblitzableiter und dann als Nebenschlussableiter geschaltet.

Untersucht sind neun Anordnungen:

1. Der Plattenblitzableiter.
2. Der dänische Plattenblitzableiter.
3. Stangenblitzableiter.
4. Spitzenblitzableiter.
5. Französische Blitzableiter.
6. Blitzableiter von Rysselberghe.
7. Spindelblitzableiter älterer Construction.
8. Spindelblitzableiter neuer Construction.
9. Versuchsconstruction.

Zunächst ergab sich für die verschiedenen Schaltungen, ob Durchgangs- oder Nebenschluss, gar kein Unterschied.

Um eine Vorstellung von den Versuchen zu geben, sollen für Nr. 1, 5, 6, 8 die Resultate gegeben werden.

Columne S enthält den Schwächungswiderstand Ω, die folgenden Columnen den Wirkungsgrad in gleicher Weise gerechnet wie von Lagarde, also den Werth $\frac{n - n'}{n} = W$, wenn n den Ausschlag bedeutet, welchen das Galvanometer für die ganze hindurchgehende Entladung angiebt, n' den Ausschlag für den nach Einschaltung des Blitzableiters noch übrig bleibenden Theil der Entladung.

An dem Kopfe der Zahlenreihen befinden sich die Selbstinductionscoëfficienten, für welche die Zahlen gelten.

Digitized by Google

s	Plattenblitzableiter			Französischer Blitzableiter			Blitzableiter von Ryssel berghe			Spindelblitzableiter		
124 000	0,094	0,28	0,56	0,094	0,28	0,56	0,094	0,28	0,56	0,094	0,28	0,56
	2,2	1,9	3,9	0,0	0,0	7,0	0,0	2,3	8,3	6,2	0,0	3,9
60 000	2,6	9,7	26,7	13,7	35,9	52,6	8,3	21,6	33,6	1,4	8,3	23,3
27 000	31,0	57,0	67,9	57,0	73,6	82,7	50,3	62,5	71,8	37,0	49,3	52,5
9 000	80,2	89,0	92,2	86,1	92,7	96,7	80,5	87,2	91,3	75,7	82,1	86,2
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Die Methode erlaubt also nicht in dem Falle, wo kein Schwächungswiderstand vorhanden ist, welcher Fall im Allgemeinen der Praxis am meisten entsprechen dürfte, Unterschiede zwischen den einzelnen Constructionen aufzufinden; auch ist hier schon die geringste Selbstinduction ausreichend, um die Entladung ganz vom Galvanometer fern zu halten. Im Uebrigen erscheint der Unterschied in der Selbstinduction selbstverständlich um so grösser, je langsamer die Entladung verläuft, und der Schutz vermöge der Selbstinduction um so grösser, je rascher die Entladung ist.

Der französische Blitzableiter ergiebt sich als der günstigste im Gegensatz zu den Ergebnissen, welche von allen anderen Beobachtern gewonnen sind.

Der Einfluss der Entfernung von Platte und Spitze wurde bei dem Spitzenblitzableiter untersucht und eine gewisse Verschlechterung der Wirkung mit wachsender Entfernung beobachtet.

Schliesslich wird noch behauptet, dass ein Einfluss des Erdwiderstandes auf den Wirkungsgrad des Blitzableiters nicht constatirt werden konnte.

Nach derselben Versuchsanordnung untersuchte Zielinski (E. Ztschr. **14**, 489) auch den Inductionsblitzableiter von E. Thomson und fand, dass derselbe durchaus keinen grösseren Nutzen gewähre wie andere, im Gegentheil wegen seiner Selbstinduction die Entladung vom Blitzableiter in die zu schützenden Apparate abdränge.

Eine abdrängende Wirkung der Selbstinduction bestätigt auch Wurts in einem Versuche (E. W. **14**, 235), welcher ihm zeigte, dass die Entladung einer Leydener Flasche durch eine Spule mit starker Selbstinduction in einen Nebenschluss mit Luftunterbrechung gedrängt wird.

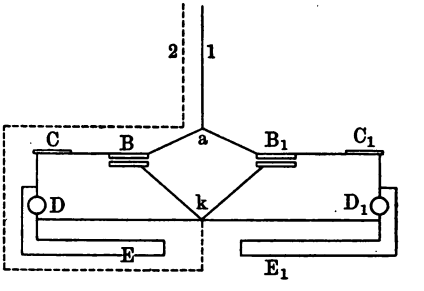
Um die Wirksamkeit verschiedener Ableiter in demselben Versuche mit einander zu vergleichen und so die Ungenauigkeiten zu vermeiden, welche sich durch die Veränderlichkeit von Batterieentladungen bei nach einander angestellten Versuchen ergeben, wählte E. Massin folgende Anordnung (Ann. tél. [3] **20**, 242), Fig. 115.

Von den Zuleitungsdrähten 1 und 2 verzweigt sich Draht 1 in die beiden zu vergleichenden Ableiter B und B_1, von denen die Leitung über

Digitized by Google

die zur Sicherung eingeschalteten Schmelzdrähte C und C_1 nach den elektrischen Klingeln D, von hier nach k zum Draht 2 führt. Parallel zu D bezw. D_1 sind die Funkenmikrometer E und E_1 geschaltet. Durch den Blitzableiter wurde eine Leydener Batterie entladen, welche ihre Ladung von einer Wimshurst-Maschine erhielt, deren Scheibe durch elektrische Motoren eine sehr grosse Geschwindigkeit (1200 Umdrehungen) erhielt. Die ganze Elektricitätsmenge entlud sich nicht über den Ableiter; ein Theil ging über C und D bezw. E; je grösser dieser Theil, je weniger wirksam war der Ableiter. Für den Versuch wurden die Mikrometer E und E_1 auf eine bestimmte Entfernung der Spitze und Platte in denselben eingestellt, indem nach Verbindung der Drähte 1 und 2 mit einer constanten Batterie zunächst bei E die Spitze so lange vorgeschoben wurde, bis D aufhörte zu klingeln. Das gab den Nullpunkt. Die Mikrometerschraube wurde dann um n-Theilstriche gedreht, so dass Spitze und Platte in eine bestimmte Entfernung von einander zu stehen kamen. Gleiches geschah mit E_1. Nachdem in solcher Weise bei beiden Mikrometern dieselbe Funkenstrecke erhalten war, wurden 1 und 2 an die äussere und innere Belegung der Leydener Batterie gelegt und beobachtet, bei welchem Mikrometer sich die stärkste Funkenbildung zeigte. Der Blitzableiter auf Seite dieses Mikrometers war der schlechtere. Um Ungleichheiten in den Mikrometern u. s. f. auszugleichen, wurden die Stellungen der Ableiter vertauscht.

Fig. 115.



Bei Blitzableitern mit zwei Platten zeigte sich die Wirksamkeit unabhängig von der Grösse der Oberfläche, dagegen war eine merkliche Verschlechterung zu bemerken, wenn Entladungen den Ableiter durchsetzt hatten. Poliren der Platten stellte die frühere Güte der Platten wieder her.

Ein Blitzableiter mit zwei Kämmen ergab sich gleichwerthig mit einem Ableiter mit gereifelten Platten.

Ableiter mit zwischengelegtem, isolirendem Papier und mit Entfernung von 0,07 mm der Platten war gleichwerthig einem Ableiter mit Luftisolation und 0,4 mm Entfernung. Die Lichterscheinung war bei diesen beiden Arten sehr verschieden; bei letzteren kurze Funken, bei ersteren Lichtscheine.

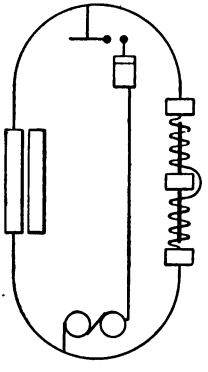
Die gereifelten Plattenableiter mit 0,45 mm Entfernung sind den polirten mit 0,8 mm Entfernung gleichwerthig.

Eine kurze Angabe über die Wirkung seines Blitzableiters mit Platten aus Kohle (Nr. 67) macht Ulbricht (Elektr. S. 6, 344). In den

Digitized by Google

Schliessungskreis eines Flaschencondensators von 12 qm Oberfläche wurden der Blitzableiter und eine von 1 bis 20 mm geänderte Funkenstrecke eingeschaltet. Die Kohlen blieben bei der Entladung unversehrt, nur etwas Kohlenstaub war aus den inneren Höhlungen an die Oberfläche getrieben. Ein mit dem Blitzableiter parallel geschaltetes Relais zeigte von der Entladung nichts. Bei einem anderen Versuche wurde, um eine verzögerte Wirkung der Blitzentladung nachzuahmen, zwischen den Platten des Kohleblitzableiters und in einem Parallelversuch zwischen den Spitzen eines Läutewerkblitzableiters ein von einer Dynamomaschine mit 110 Volt und 14 Ampère Strom gelieferter Lichtbogen etwa eine halbe Secunde lang gebildet. Die Metallspitzen zeigten Abschmelzungen wie bei Blitzentladungen; die Kohlenplatten nichts. Erst nach Einwirkung eines Lichtbogens während einer Minute traten Aufreibungen der Kohlen ein, welche Contacte zwischen den Platten herstellten. Schliesslich schaltete Ulbricht einen seiner Blitzableiter und den Telephon-(Spindel-)Blitzableiter (Nr. 81) neben einander in den Entladungskreis eines Condensators und gleichzeitig parallel zu beiden Ableitern den Telegraphenapparat nach Skizze Fig. 116. Durch den Kohleblitzableiter ging stets der Haupttheil der Entladung, auch wenn die Kohlen beinahe bis zu der Grenze der zur Verfügung stehenden Schlagweite aus einander gerückt waren. Einschieben von dünnem Papier zwischen die Kohlenplatten erzeugt nur eine geringe verschlechternde Wirkung.

Fig. 116.



Verschiedene in dem Betriebe der sächsischen Staatsbahnen eingeschaltete Ableiter dieser Art sind in Wirkung getreten, wie Brandspuren an eingelegten Papierstreifen zeigten. Nur bei einem einzigen von dem unmittelbar an einer Blockstation niedergehenden Blitzschlage getroffenen Ableiter sind die Kohlen uneben geworden und dadurch in Berührung gekommen. Die Zuleitungen wurden zerstört, der Schutzkasten abgesprengt, der Apparat der Stative selbst hat nur eine Schwächung des Ankermagnetismus erfahren.

Der Vergleich mit den Verletzungen von Papierstreifen in solchen Ableitern und in denen mit metallenen Platten, bei welchen sich Schmelzperlen gebildet hatten, zeigte bei den Kohleblitzableitern eine grössere Wärmeeinwirkung auf das Papier. Trotzdem waren die Kohlen unversehrt geblieben.

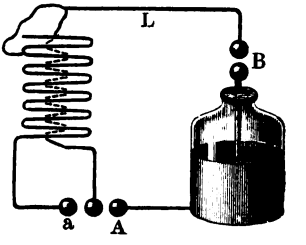
Mit seinem Inductionsblitzableiterschutz hat E. Thomson einige Versuche angestellt (E. Ztschr. **13**, 304).

Eine Leydener Flasche (Fig. 117), welche continuirlich durch eine Töpler'sche Maschine geladen wurde, fand ihre Entladung über die

Digitized by Google

Leitung L und die kleinen Funkenstrecken A und B. In die Leitung L war eine innere Spirale von 12 Windungen eingeschaltet. Dieselbe ist umgeben von einer äusseren von 20 Windungen. Das Ende dieser äusseren steht mit der Elektrode a in Verbindung, ein Verbindungsdraht nach L kann an verschiedene Windungen der äusseren Spirale angelegt werden. Ist nun eine bestimmte Anzahl von Windungen der äusseren Spirale eingeschaltet, so entstehen in a nur kleine Funken. Sind mehr oder weniger Windungen, wie diese bestimmte Zahl, eingeschaltet, so waren die Funken bei a stärker und länger. Der Versuch sollte beweisen, dass es bei zweckmässiger Wahl der Windungszahl möglich ist, von der Entladung nichts in den an L angehängten zweiten Theil der Schliessung gehen zu lassen.

Fig. 117.



Im Allgemeinen ergeben nach dem Angeführten die Versuche der verschiedenen Experimentatoren übereinstimmende Resultate, nur die von Zielinski weichen ab. Es scheinen aber die Versuche des Letzteren die am wenigsten beweiskräftigen. Denn mit solchen Verlangsamungen der Entladung, wie nothwendig waren, um überhaupt Resultate zu erhalten, hat man in Wirklichkeit wohl nichts zu thun. Bei Verhältnissen, welche der Wirklichkeit entsprechen, versagte aber die Anordnung, weil sie alle Ableiter gleich gut und ideal erscheinen liess. Der Einwand gegen Benutzung einer constanten Batterie, wie solche von Rysselberghe und Preece angewandt wurde, ist nicht berechtigt. Wird eine derartige Batterie plötzlich an einen Ladungskreis angelegt, so erfolgt ebenso gut momentan eine Ladung, wie bei dem Blitzschlag. Die constante Batterie hat allerdings eine geringere Spannung, liefert dafür aber eine grössere Quantität, so dass sie aus diesem Grunde sogar geeigneter erscheint, weil auch bei Blitzentladungen gewaltige Elektricitätsmengen zur Entladung kommen, und die schützende Wirkung des Ableiters gewiss auch diesen Punkt berücksichtigen muss. Denn die Elektricitätsmengen, welche durch den Blitzableiter unschädlich an den Apparaten abgeführt werden sollen, erfordern hierzu eine gewisse Zeit. Je grösser diese Zeit, desto grösser die Gefahr, dass die im Blitzableiter momentan sich stauende Elektricität in die Leitung zu den Apparaten Abfluss sucht. Diesem entspricht auch der von Lagarde gefundene Einfluss des Erdwiderstandes auf die Wirksamkeit des Blitzableiters; Lagarde hat ja auch direct eine solche Wirkung der Elektricitätsmenge beobachten können.

Nicht ganz in Uebereinstimmung hiermit ist das von Massin mitgetheilte Resultat, dass die Grösse der Platten keinen Einfluss haben soll. Man musste erwarten, dass, je grösser die Platte, je grösser also die Capacität ist, desto mehr Elektricität sich auf dem Blitzableiter

Digitized by Google

verdichtet, desto weniger somit in die Leitung weitergeht. Es scheint diese Erwägung auch den Constructeuren von Plattenblitzableitern, wenigstens den ersten, vorgeschwebt zu haben; denn sonst würden sie nicht verhältnissmässig grosse Platten, wie namentlich Steinheil, dann auch Siemens angewandt haben. Es könnte zur Stütze dieses Massin'schen Resultates gesagt werden, dass die Entladung zwischen den Platten nicht auf der ganzen Oberfläche, sondern von einer Stelle in einem schmalen Funken erfolgt und dass deshalb wie bei der Reibung die Grösse der Oberfläche nicht in Betracht kommen kann. Eine solche Ueberlegung wäre falsch, denn in dem einen, wenig ausgebreiteten, Funken entladet sich doch die auf der ganzen Oberfläche befindliche Elektricitätsmenge. Der Funke einer grossen Leydener Flasche ist massiger, wie der einer kleinen. So lange dieses Ergebniss von Massin nicht anderweitig bestätigt ist, muss es noch als unwahrscheinlich angesehen werden. Es ist hierbei auch das Ergebniss von Töpler zu beachten, wonach die Capacität der Leiter thatsächlich eine Rolle spielt.

Ein Vorzug des Arbeitens mit Leydener Flaschen gegenüber constanten Batterien mag darin erblickt werden, dass wir bei jenen sehr viel höhere Spannungen haben, also deshalb dem Blitze näher kommen und dass, wie in einer Notiz (Ann. tél. 14, 419) behauptet wird, die Zweckmässigkeit der besonderen Gestaltung der Entladungselektrode von der Spannung abhängt. Es sollen danach die grössten Funkenstrecken bis zu 1500 Volt zwischen zwei planparallelen Platten, von 1500 bis 11000 Volt zwischen zwei Spitzen, darüber zwischen Spitze und Platte sich bilden. Doch abgesehen davon, dass wir in den Dynamomaschinen auch constante Batterien von grosser Spannung haben, kommen zur Entladung der Blitzableiter bei der geringen Entfernung der Entladungselektroden überhaupt nur verhältnissmässig geringe Potentiale in Frage. Der Blitzableiter entladet sich immer annähernd bei demselben Potential. Für die Entladung durch Geissler'sche Röhren in luftverdünnten Räumen liegen hierfür viele experimentelle Beweise vor.

Dementsprechend stimmen die Versuche von Rysselberghe und Preece einerseits mit denen von Lagarde und Massin andererseits.

Digitized by Google

Einundzwanzigstes Capitel.

Versuche mit Vorrichtungen für Starkstromschutz.

In Bezug auf die Wirksamkeit der für Vermeidung eines dauernden Kurzschlusses bei Starkstromleitungen angegebenen Anordnungen liegen gleichfalls mehrere Veröffentlichungen vor. So hat es namentlich Wurts nicht unterlassen, seinen verschiedenen Systemen Angaben über die Wirksamkeit derselben mit auf den Weg zu geben.

Es sind in dem sechsten Capitel und folgenden schon verschiedene solche Angaben gemacht, die in Folgendem im Zusammenhange kurz wiederholt werden. Eine der interessantesten Constructionen ist die des Wurts-Säulenblitzableiters aus „keinen Bogen haltendem" Material. Zu der Auffindung derselben führten Versuche (El. W. **19**, 235), welche den Zweck hatten, den Kurzschlussfunken dadurch zu unterbrechen, dass der Stromerzeuger durch eine in Folge eines aussergewöhnlich starken Stromes in Thätigkeit tretenden Vorrichtung *A* kurz geschlossen wird. Die Linie empfängt dann nicht mehr die hinreichende Spannung, um den Kurzschlussbogen aufrecht zu halten. Da die Vorrichtung *A* selbst den Kurzschluss der Maschine wieder löst, so treten nun Maschine und Leitung in die gewöhnliche Verbindung. Bei den Versuchen bestand der Blitzableiter *B* zunächst aus gezahnten Kohlenplatten, die in eine Linie von 100 Yard eingeschaltet wurden. Die Luftstrecke bei *B* wurde durch einen Stanniolstreifen überdeckt und nun die Linie mittelst Ausschalter mit der 1000 Volt-Wechselstrommaschine verbunden. Der Apparat *A* functionirte gut. Der Kurzschlussbogen bei *B* erlosch, zündete sich jedoch wieder an, als der Kurzschluss der Maschine aufgehoben wurde. Da die Kohlen weissglühend geworden waren, wurden an Stelle der Kohlenplatten drei neben einander befindliche Messingcylinder genommen, von denen der mittelste zur Erde, die beiden äussersten mit der Leitung verbunden waren. Der Versuch gab jetzt in der That ein dauerndes Auslöschen des Kurzschlussfunkens. Jedoch trat das Gleiche ein, wenn die die Maschine kurz schliessende Vorrichtung *A* gar nicht verwendet wurde. Auch hierbei war in dem Blitzableiter *B* nur ein einmaliger schwacher Funke zu beobachten. Das verwandte Messing war hartgezogen und enthielt Zink und Kupfer. Ein Versuch mit einem zweiten Blitzableiter, der noch grosse, neben einander liegende Stäbe aus gegossenem Messing mit Theilen von Eisen und Kupfer enthielt, hatte das Ergebniss, dass die ganze Messingmasse schmolz. Bei verschiedenen Formen der Entlader (Kugeln, Ovale, Halbcylinder, Würfel) fand sich das Gleiche; nur wenn das überbrückende Stück Stanniol nicht über die Kanten, sondern zwischen die Flächen der Entlader geschoben wurde, blieb auch bei Verwendung von hartem Messing ein dauernder Funke.

Digitized by Google

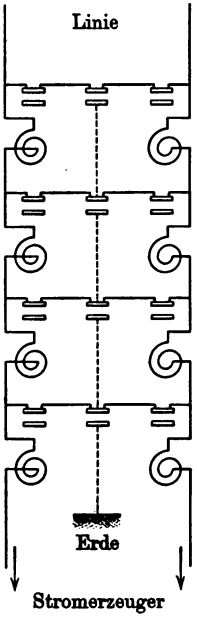
Wie gegossenes Messing, so versagten auch Entlader aus hartem Stahl, hartem Kupfer, Phosphorbronze, Aluminium, Aluminiumbronze, Zinn, Nickel; bei allen blieb ein starker Kurzschlussbogen. Dagegen bei Zink nicht.

Als Erklärung nimmt Wurts an, dass sich beim Zink und bei den zinkhaltigen Metallen durch den Funken eine nicht leitende Dampfschicht des Zinkoxydes bildet, während bei den anderen Metallen leitende Metalldämpfe entstehen.

Es zeigte sich sogar, dass, je kleiner die Luftstrecke, desto geringer bei Zinkelektroden das Bestreben, einen dauernden Bogen zu bilden. Bei einer 500 Volt-Gleichstrommaschine wurde auch zwischen den Zinkelektroden ein dauernder Funke aufrecht erhalten, doch lange nicht in der Stärke, wie bei anderen Metallen, während ein Wechselstrom von 2400 Volt ohne Kurzschluss blieb. Mehrere Funkenstrecken hinter einander wirken dann wieder so, dass kein Funke bleibt. Wie Zink verhalten sich Antimon und die Metalle, welche zu den chemischen Gruppen gehören, in welchen Zink und Antimon stehen. Diese Metalle nennt Wurts „keinen Bogen haltende" (non arcing).

Versuche von Siemens und Halske haben die Brauchbarkeit dieses Ableiters für Wechselstrom auch für sehr hohe Spannung gleichfalls nachgewiesen, bis 1400 Volt waren nur zwei Cylinder, bei 3000 Volt drei Funkenstrecken, also vier Cylinder nöthig. Bei Gleichstrom erfolgte dagegen ein sofortiges Abbrennen.

Fig. 118.



Wurts nimmt zur grösseren Sicherheit gewöhnlich mehrere seiner Ableiter. Nach El. W. 22, 737 müssten, um den Kurzschlussbogen einer 3000 Volt-Wechselstrommaschine sicher zu unterbrechen, drei zu je sechs Säulen hinter einander geschaltet werden. Ausserdem schaltete Wurts zwischen mehrere Sätze solcher Blitzableiter Schutzspulen, welche vermöge ihrer Selbstinduction die Entladung durch die Ableiter zwingen sollten. In der sehr gewitterreichen, gebirgigen Gegend von Colorado war die Schutzanlage, die beifolgend skizzirte Fig. 118, also vier parallel geschaltete Sätze von Ableitern. Die meisten Blitzentladungen erfolgten über den zweiten Satz, sehr wenige über den ersten und vierten, mehr über den dritten.

Auch für die anderen Ableiter von Wurts, die derselbe in Gemeinschaft mit Winsor construirte, Nr. 112 und 143, ist durch Versuche Zuverlässigkeit bei Wechselströmen bis 3000 Volt gefunden, bei Gleichströmen bis 500 Volt bei Nr. 120, bei Nr. 142 war die Grenze niedriger.

Digitized by Google

Blathy behauptet für seine Schmelzdrahtsicherung Nr. 153 ebenfalls Zuverlässigkeit bis mehrere Tausend Volt, jedenfalls nur für Wechselstrom.

Der elektrodynamische Blitzableiter von Siemens, Nr. 179, ist bis Spannungen von 2000 Volt und mehr bei Wechselstrom versucht worden und hat stets regelmässig functionirt ohne grosse Abnutzung. Man ist bis auf 25 mm Entfernung der Drähte *b b* gegangen, nimmt jedoch, wie bei der Beschreibung angegeben wurde, geringeren Abstand.

Für Gleichstrom ist dieser Ableiter noch nicht verwandt.

Die magnetischen Ausblasvorrichtungen von E. Thomson haben bei Versuchen von Siemens und Halske für Spannungen von 5000 Volt versagt (E. Ztschr. 17, 513). Die Polflächen mussten immer grösser genommen werden, je höher die Spannung stieg, und vorzüglich isolirt sein; Email, Glimmer, Asbest wurden aber schon nach wenigen Schlägen durchschlagen. Am besten erwies sich Holz, das aber manchmal Feuer fing.

Digitized by Google

Siebenter Theil.

Abwägungen der einzelnen Vorschläge für Blitzableiteranordnungen.

Die im Vorigen dargelegten Erfahrungen an Ableitern und besonderen Versuchen geben, wenn sie auch noch nicht zahlreich sind, doch Anhaltspunkte, um die Zweckmässigkeit der Ableiter für die einzelnen Fälle der Praxis beurtheilen zu können.

Ueber die Anforderungen, welche an den Ableiter zu stellen sind, hat sich in einem sehr beachtenswerthen Vortrage (E. Ztschr. 17, 511) Herr Görges eingehend geäussert; die an diesen Vortrag sich anschliessende Discussion hat noch weitere Klärung gebracht.

Als Erfordernisse an einen guten Blitzableiter stellt Görges auf:

1. Derselbe darf keine Selbstinduction besitzen, wenigstens nicht auf dem Wege, den der Blitz zu durchlaufen hat.
2. Er soll möglichst einfach sein, so dass er bei Beschädigungen leicht wieder in Stand gesetzt werden kann.
3. Blitzableiter ohne bewegliche Theile sind denen mit beweglichen Theilen vorzuziehen, da letztere mehr beaufsichtigt werden müssen.
4. Besonders für hohe Spannungen müssen die beiden Elektroden aufs Sorgfältigste von einander isolirt sein, damit durch die Blitzableiter nicht die Isolation der Gesammtanlage heruntergedrückt wird.

Für jeden Blitzableiter wird ein Ausschalter verlangt, welcher denselben leicht von der Leitung zu trennen erlaubt. Besonderer Werth ist auf eine vorzügliche Erdleitung ohne grossen Widerstand zu legen.

Digitized by Google

Was die Vertheilung der Ableiter betrifft, so sollen in erster Linie diejenigen Stellen geschützt sein, von denen Luftleitungen in das Gebäude eintreten. Ferner sollen nach Möglichkeit Kabel, die mit Luftleitung zusammenhängen, und Transformatoren geschützt werden. Eine genaue Angabe über die sonstige Vertheilung, insbesondere darüber, ob an jedem Wohnhause, in welches eine Leitung führt, ein Ableiter vorzusehen ist, wird nicht gemacht, nur allgemein eine möglichst gleichmässige Vertheilung auf das Netz befürwortet.

Die Maschinengestelle werden nach Görges am besten vollkommen isolirt gehalten, indessen ist dann eine unerlässliche Bedingung die, dass auch das Bedienungspersonal durch isolirende Fussplatten in ausgezeichnete Isolation von der Erde versetzt wird.

In Bezug auf den zum Auffangen des Schlages über der Leitung oberhalb dieser vorgeschlagenen Stacheldraht (s. Nr. 67) spricht sich Görges theoretisch günstig aus, hält aber einen solchen Draht aus praktischen Gründen für nicht zweckmässig, einmal, weil doch durch die in ihm verlaufende Ladung starke Inductionsströme in den benachbarten Drähten entstehen können und dann, weil dieser Draht, wenn er reisst, leicht Kurzschluss herstellt. An seiner Stelle sollen möglichst viele Leitungsstangen mit Saugspitzen versehen werden.

Das Auftreten solcher inducirten Ströme durch benachbarte Ladungen bestätigte in der Discussion Weber aus seiner Erfahrung.

Im Anschluss an die Forderung einer sehr geringen Selbstinduction bemerkte Kallmann, dass sich hiernach die für Erdanschlüsse benutzten Eisenstangen oder Seile nicht empfehlen würden, dass man vielmehr Kupferdrahtseile verwenden müsse. Görges findet Kupferstäbe und Kupferdrahtseile gleich gut.

In Bezug auf den Tankblitzableiter von Wurts wird von Kallmann auf den bei diesem nothwendig auftretenden Energieverlust aufmerksam gemacht. Da ein Wasserbehälter, wie solcher hierbei angewendet wird, etwa einen Widerstand von 50 Ω hat, so würde man mit einer Betriebsspannung von 5000 Volt ungefähr 500 Watt für diesen Ableiter verbrauchen, d. h. es würde ein Aufwand von 8 bis 10 PS. nöthig sein.

Ausser den im Vorstehenden aufgeführten Forderungen sind noch folgende zu erheben:

Der Ableiter muss unter allen denkbaren Verhältnissen wirksam sein;

er muss nicht zu viel kosten;

er muss rasch wirken, so dass weder eine Störung der Elektricitätszuleitung eintreten, noch bei Kurzschlussfunken der Funken zu lange andauert; denn es wird die Gefahr der Zerstörung des Ableiters selbst um so mehr vorliegen, je länger der Kurzschluss dauert. Sodann vertragen die Verbrauchsstellen der

Digitized by Google

Energie des Nutzstromes einen längeren Kurzschluss nicht, die einen mehr, die anderen weniger. Es kann schon ein Kurzschluss von einigen Secunden sehr unangenehm werden. Sind z. B. in einem Drahtstromkreise Motoren in Betrieb, so kommen dieselben, wenn die äussere magnetisirende Quelle fehlt, in ganz kurzer Zeit zum Stillstande.

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Die Einrichtungen zum Schutze der Linien.

Schwach- und Starkstromanlagen gemeinschaftlich sind die äusseren Zuleitungen. Sie sind zunächst der Blitzgefahr ausgesetzt, sie sind in den meisten Fällen die Ursache für das Eindringen der Blitzentladung in die Stromverbrauchsstellen.

Einen durchgreifenden Schutz für sie hat man in der Weise zu erlangen gesucht, dass über der Linienleitung zur Erde abgeleitete Schutzdrähte eingespannt wurden (Nr. 87), welche, wie beim Gebäudeblitzableiter, die atmosphärische Entladung von den Liniendrähten ab- und auf sich leiten sollten.

In der Praxis hat sich, wie es scheint, dieser Schutz als illusorisch erwiesen (s. St. 83). Der Grund hierzu dürfte zunächst in den nicht zu vermeidenden Inductionswirkungen zu suchen sein, welche von Herrn Görges betont sind, sodann darin, dass dieser Schutzdraht, wenn er nicht an jeder Stange zur Erde abgeleitet ist, durch seine Selbstinduction dahin wirkt, dass von ihm die Entladung zu benachbarten Drähten übergeht. Ferner ist zu beachten, dass bei einem Blitzschlage in eine Telegraphenleitung mit mehreren über einander befindlichen Drähten niemals ein Draht allein getroffen wird, sondern dass sich sämmtliche Drähte, die an der Einschlagsstelle vorhanden sind, mehr oder weniger an der Entladung betheiligen (siehe die Verzweigungen des Blitzschlages im sechzehnten Capitel). Wegen der Länge des Drahtes kommt es für den Einschlag gar nicht wesentlich darauf an, ob etwa der eine Draht in einer Entfernung von Hunderten von Metern besser an Erde liegt, wie der andere.

Für die Beurtheilung der Wirksamkeit der anderen Ableiter, welche die Ladungen auf der Linie abfangen sollen, sowie auch der Ableiter in den zu schützenden Verbrauchsstellen selbst, ist es nothwendig, vor Allem sich darüber klar zu werden, ob die Spitzenwirkung bei dem Blitzschutz eine wesentliche Rolle spielen kann. Eine Spitzenwirkung besteht in einer funkenlosen Entladung elektrisch geladener

Digitized by Google

Körper. Diese Entladung heisst eine langsame, da sie im Gegensatz zu der Funkenentladung eine erhebliche Zeit gebraucht, um Spannungen auszugleichen. Während dieser Zeit verbreitet sich die Störung des elektrischen Gleichgewichtes auf der Linie weiter, was gerade verhütet werden sollte. Daher wird man auf diese Spitzenwirkung nicht sehr viel Werth legen können, sondern immer dahin streben, auch schon auf der Linie die Entladung in einem rasch verlaufenden Funken zu bewirken. Ferner muss sich in diesem Funken möglichst die ganze freie Elektricitätsmenge entladen, so dass geringe Rückstände übrig bleiben. Dazu scheint es nothwendig, die Capacität des Ableiters so gross zu machen, wie es die übrigen Verhältnisse gestatten. Aus diesem Grunde sind die Vorrichtungen, welche nur Saugspitzen benutzen, nicht empfehlenswerth. Es ist zweckmässig, auf eine Flächenausdehnung der den Entladungsfunken vermittelnden Ableiter zu sehen.

Nach dem eben Gesagten werden die mit Platten (Nr. 56 u. ff.) ausgestatteten Stangenblitzableiter den mit Spitzen vorzuziehen sein. Aber auch die vorhandenen Plattenblitzableiter scheinen noch nicht ganz geeignet zu sein. Bei Telegraphenleitungen sprechen hierfür die grosse Zahl von Beschädigungen (vergl. St. 81). Im Starkstrombetriebe, wo Kurzschlussfunken auftreten, haben sie sich gar nicht bewährt (siehe St. 82).

Für Starkstromleitungen im Speciellen haben sich besser bewährt Solenoidblitzableiter, wie z. B. der Siemens'sche (Nr. 138), welcher besonders bei stark gespanntem Gleichstrom benutzt wird. Aus der im Eingange aufgestellten Forderung auf eine möglichste Herabminderung der Selbstinduction können bei diesen Solenoidableitern nur solche als zweckmässig angesehen werden, welche einen inductionslosen Nebenschluss zum Solenoide haben, wie das bei der vorher angeführten Nr. 138 der Fall ist. Als wesentlicher Uebelstand dieses Ableiters Nr. 138 erscheint die Nothwendigkeit des Oelbehälters zum sicheren Auslöschen des Funkens. Das Oel erfordert eine fortwährende Erneuerung, weil es sich durch den Funken zersetzt und leitend wird, also wieder Aufsicht! Dann wird durch den Anschlag des Kolbens an den Boden der Porcellanglocke letztere oft zertrümmert. Es müsste, um das zu vermeiden, ein elastisches Polster vorgesehen werden.

Der Preis des Ableiters fällt auch ins Gewicht.

Wesentlich einfacherer Art ist zwar der Ableiter Razzle Dazzle (Nr. 169), doch nicht zu empfehlen. Er kann nicht sicher wirken. Einmal wird sich beim Rückschwunge der abgestossenen Kugel der Kurzschlussfunken leicht wieder entzünden, da die Luft und die Kugeln eine gewisse Zeit lang erhitzt bleiben (vergl. Versuche von Wurts, St. 99). Weiter aber erscheint das sichere Eintreten der Schwingung durch die Wirkung der elektrischen Ladungen sehr fraglich, wenn man sich daran erinnert, dass es bei einem der gebräuchlichsten Versuche mit der Elektrisirmaschine, dem elektrischen Glockenspiel,

Digitized by Google

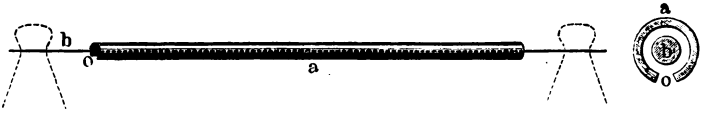
zum wirklichen Anschlagen der Klöppel nothwendig ist, die Elektrisirmaschine langsam zu drehen, also langsam elektrische Ladung zuzuführen. Wird rascher gedreht, so springen Funken zwischen den Glocken über, ohne dass ein Anschlag des Klöppels erfolgt.

Für Wechselstromleitungen erscheint unter den vorgeschlagenen Anordnungen als einfachster und zweckmässigster der Ableiter Siemens (Nr. 179). Vor Allem ist bei ihm bemerkenswerth der Ausschluss jeder Gefahr der Zerstörung des Ableiters durch die Blitzentladung selbst. Ob derselbe sich für Gleichstrom ebenso praktisch erweist, dafür fehlen Versuche. Auf einen wunden Punkt ist allerdings auch hier hinzuweisen. Die Bewegung des Funkens längs des Drahtes *b b* erfordert eine gewisse Zeit, immerhin mehrere Secunden, so dass hierdurch der St. 104 erwähnte Uebelstand eintreten kann.

Für die Entladung der Linie kann namentlich auf Grund der günstigen Erfahrungen mit dem Ableiter Saunders (Nr. 86) und dem experimentellen Ergebniss, dass es vortheilhaft ist, den mit der geladenen Leitung in Verbindung stehenden Theil des Ableiters von allen Seiten mit zur Erde abgeleiteten Metallflächen zu umgeben, als einfachste Anordnung die Umhüllung des Liniendrahtes mit einem metallenen an Erde liegenden Schutzdraht gewählt werden. Derselbe giebt in erhöhtem Maasse den Nr. 86 erwähnten Schutz von längs der Leitung vertheilten Saugspitzen. Eine Art der praktischen Ausführung dieses Gedankens zeigen die Fig. 119, 120, 121.

An der Leitungsstange sind für jeden Draht, welcher mit einem solchen Blitzschutz versehen werden soll, zwei Isolationsglocken in einer Entfernung von 40 cm vorgesehen. Zwischen diesen ist der Lei-

Fig. 119. Fig. 120.



tungsdraht *b* ausgespannt. Um *b* befindet sich die am Boden mit einem durchgehenden Schlitz *o* versehene eiserne Röhre *a*, deren innerer Durchmesser etwa 1 cm beträgt. Die Röhre *a* wird an der Leitungsstange befestigt und ist zur Erde abgeleitet. Der Schlitz *o* dient zum Einführen des Drahtes *b* und zum Ableiten des Staubes u. s. f., der sich im Inneren von *a* ansammeln sollte. Die durch den Wind hervorgerufenen Schwingungen von *b* werden wegen der geringen Länge von *b* sehr klein ausfallen, so dass kaum Gefahr vorliegt, dass *b* mit der inneren Wand von *a* in Berührung kommt. Um aber diese Gefahr ganz zu vermeiden, kann *a* durch einen isolirenden Schlussring an beiden Enden abgeschlossen werden.

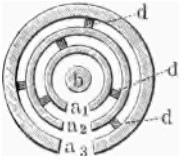
Es wird nicht nöthig sein, jede Stange mit einem solchen Ableiter

Digitized by Google

zu versehen. Wie viele zu wählen sind, damit überhaupt gar kein oder doch nur noch minimale Blitzentladungen in die Station gelangen, muss die Erfahrung lehren. Allerdings steigen die Kosten der Anlage durch Anwendung von zwei Isolationsglocken an Stelle von einer. Dafür macht der Ableiter selbst keine nennenswerthen Kosten.

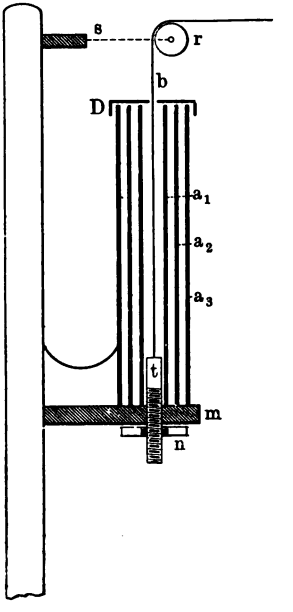
Bei Anwendung auf Starkstromleitungen liegt die Gefahr des Kurzschlussfunkens nahe. Zunächst wird aber dieser Funken durch den entstehenden Luftzug in dem engen Raume zwischen dem Leitungsstrang und der umschliessenden Röhre von selbst herausgetrieben und abgebrochen, sodann lässt sich dieser Gefahr durch Anwendung des Untertheilungsprincipes begegnen. Danach würde eine Einrichtung (Fig. 121) wirksam erscheinen, bei welcher der Liniendraht von mehreren in einander geschalteten Röhren a_1, a_2, a_3, a_4 umgeben ist, die einzeln von einander durch eingelegte Stücke d isolirt sind. Erst die äussere Röhre ist zur Erde abgeleitet. Es wird darauf zu achten sein, dass die einzelnen Isolationsstücke zwischen den Röhren gegen einander versetzt sind, damit sich nicht etwa an ihrer Oberfläche eine leitende Brücke bildet.

Fig. 121.



Sehr viel einfacher wäre die Umgehung dieser Schwierigkeit, wenn sich der vorher schon erwähnte Blitzableiter Schuckert (Nr. 53) bewähren sollte. Dann würde man in die Ableitung der Röhre a zur Erde eine solche Metallplatte mit feinen Untertheilungsrissen einschalten. Die Platte müsste, entsprechend den Erfahrungen von Wurts (Nr. 115) dicht mit einer anderen Platte überdeckt werden. Es hat das den doppelten Vortheil der Vermeidung von schädlichen Verunreinigungen und der Erschwerung des Funkens wegen Mangel an Raum.

Fig. 122.



Bei elektrischen Bahnen mit oberirdischer Zuleitung kann ein solcher Ableiter an den Spanndrähten angebracht werden (Fig. 122). Diese stehen dann mit den Zuleitungsdrähten metallisch in Verbindung und müssen von den Masten oder Rosetten vorzüglich isolirt sein.

Der Spanndraht b wird über eine Porcellanrolle r geführt, die in einem am Maste befestigten Halter s sitzt. Weiter ist der Draht b an einem isolirenden, mit Schraubengewinde versehenen Stabe t be-

Digitized by Google

festigt. Der Stab *t* wird durch Mutter *n* in der isolirenden Führung *m* verschoben und so die Spannung von *t* bewirkt. Auf *m* kommen die Ableitungscylinder *a* zu stehen, von denen wieder der äussere zur Erde abgeleitet ist. Ein Schutzdeckel *D* wird hier zweckmässig aufgesetzt, um das Eindringen von Staub zu hindern. Die Röhre *a* dient gleichzeitig als Blitzableiter für das Abfangen des directen Blitzschlages.

Man wird der Anordnung entgegenhalten, dass bei ihr die beiden Elektroden, der stromführende Leiter und die umgebende Röhre, bedeutend weiter von einander entfernt genommen werden, wie es sonst bei Ableitern üblich ist. Dazu ist zu bemerken, dass dasjenige, was an Capacität durch die Vergrösserung der Entfernung zwischen *a* und *b*, welche durch die Gefahr eines Nebenschlusses durch Staub bedingt wird, verloren wurde, wieder gewonnen wird durch Vergrösserung der Oberfläche. Ausserdem wird es sicher vortheilhafter sein, die Blitzladung direct von dem Leitungsdraht zu nehmen, als dieselbe erst in einen angelegten Zweig zu leiten und dort abzufangen.

Dass Blitzableiter mit verschiedenen Abständen der Elektroden gleichwerthig sein können, zeigen die Versuche von Rysselberghe und Anderen.

Ferner liegen die Erfahrungen mit dem Drahtableiter Siemens vor, bei welchem, wie erwähnt, die Elektroden 2 cm von einander entfernt sind und der doch in Bezug auf Capacität dem vorgeschlagenen erheblich nachstehen wird.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Die Einrichtungen für Schwachstromanlagen.

Für den Schutz der Verbrauchsstellen an Schwachstrom, insbesondere also Telegraphenämtern, liegt eine viel grössere Zahl von Vorschlägen vor, als wie für die Zuleitungen. Auf Grund der im Eingange dieses Abschnittes aufgestellten Forderungen lassen sich indessen ganze Classen der hierhin gehörigen Ableiter als unzulässig ausscheiden.

Die Schaltervorrichtungen Nr. 1 und 2 werden mit Vortheil verwandt werden. Sie geben indessen keinen sicheren Schutz bei plötzlicher, nicht vorher bemerkter Gefahr. Die Condensatoreinrichtung Nr. 3 ist wohl praktisch nie in Gebrauch getreten. Die ganze Einrichtung ist zu complicirt und unsicher.

Digitized by Google

Die Schmelzvorrichtungen des zweiten Capitels unter a) kommen als Schutz gegen den eigentlichen Blitzschlag nicht in Betracht, wenn man sie allein anwenden wollte. Es ist ja kein Gedanke daran, dass die ganze Energie der Blitzladung sich in der Schmelzung eines dünnen, kurzen Drahtstückes aufzehren kann. Die zu schützenden Apparate werden stets auch einen Theil der Energie des Blitzschlages aufzunehmen haben, bevor die Schmelzsicherung durchgeschmolzen ist, und dieser Theil wird viel zu stark sein. Es sind dementsprechend auch solche Schmelzsicherungen nur in Verbindung mit anders wirkenden Blitzableitern zur Abhaltung der secundär erzeugten, elektrischen Strömungen, insbesondere für Telephonanlagen, benutzt. Hier werden sie auch gut am Platze sein. Als einfache zweckmässige Anordnung erscheinen Nr. 6 bis 8. Dagegen verstossen die Einrichtungen, welche selbständig neue Drähte einschalten, wie Nr. 16, gegen die Forderung der Einfachheit. Am zweckmässigsten von diesen Schmelzsicherungen sind die Einrichtungen der sogenannten Spindelblitzableiter, bei welchen auch ohne Schmelzung eine Entladung durch die dünne isolirende Schicht der Schmelzdrähte gegen die darunter liegenden Erdcylinder eintreten kann. Die einfachste Anordnung ist Nr. 83. Sie ist leicht zu erneuern und billig. Dem gegenüber erscheinen Anordnungen wie z. B. Nr. 15 (Hamond) verwickelt. Die bei dieser beabsichtigte selbstthätige Verbindung der Zuleitung mit der Erde wird bei den Spindelblitzableitern durch die Zusammenschmelzung des Schmelzdrahtes mit dem Erdcylinder bewirkt.

Diese Schmelzsicherungen sind im Aufbau wesentlich einfacher, wie die im zweiten Capitel unter b) behandelten elektromagnetischen Anordnungen, die gleichfalls nur in Verbindung mit anderen Ableitern, wie oben angegeben ist, anwendbar erscheinen. Solche elektromagnetische Auslösevorrichtungen haben auch noch den Nachtheil der sicher auftretenden Selbstinduction.

Beachtenswerth ist unter den in diese Classe fallenden Vorschlägen der von Ahearn Nr. 25, nach welchem ein zu starker Strom in einer Leitung sofort alle Leitungen an Erde legt. In der That hat ein solches Verfahren Sinn, da, wenn eine Gefährdung durch Blitzschlag eintritt, sofort alle Zuleitungen gefährdet sind. Nur macht die grosse Zahl der nöthigen Relais die ganze Einrichtung kostspielig und verwickelt.

Von den Ableitern im zweiten Capitel unter c) ist der Nr. 31 ganz interessant, doch erscheint eine in jedem Falle sichere Wirkung ausgeschlossen aus dem auf St. 105 zum Ableiter Razzle Dazzle Nr. 170 angeführten Grunde. Es lohnte sich indessen wohl der Mühe, mit diesem Ableiter Versuche zu machen und zwar in dem Sinne, ob er insofern zur selbstthätig wirkenden Sicherung und Warnung nützlich sein könnte, als mittelst desselben durch die Benutzung der auf einer Linie herankommenden drohenden Ladung sofort eine Abschaltung

Digitized by Google

aller Apparate von den verschiedenen in die Station einmündenden Linien zu erreichen wäre in der Weise, wie es nach der vorher erwähnten Nr. 25 geschehen soll. Die Bewegung des Hebels, an welchem die Condensatorplatten sitzen, müsste dazu den Stromkreis eines Elektromagneten schliessen, welcher diese Abschaltung bewirkt.

Von den Einrichtungen mit einem Nebenschluss zur Erde sind für Schwachströme die im dritten Capitel unter d) angegebenen auszuschliessen, weil durch sie eine zu grosse Ableitung des Nutzstromes erfolgt. Die Ableiter im dritten Capitel unter c) erscheinen deshalb nicht zweckmässig, weil bei ihnen die Gefahr der Zerstörung zu gross ist. In Betreff der beiden noch übrig bleibenden Classen [drittes Capitel unter a) und b)] werden augenblicklich in der Ueberzahl wohl Ableiter benutzt, welche mit Spitzen- oder Schneiden — darunter auch die Reifelungen gerechnet — versehen sind. Wie schon früher (St. 104) erwähnt wurde, ist der treibende Gedanke hierbei der, dass solche scharfe Krümmungen den metallenen Entladungsflächen das langsame Ausströmen der Elektricität bedeutend erleichtern. Aus dem St. 104 angegebenen Grunde ist aber hierauf nicht viel zu geben. Daher muss in Uebereinstimmung mit dem Ergebniss der einwandsfreien experimentellen Versuche (s. zwanzigstes Capitel) den Plattenblitzableitern der Vorzug gegeben werden und unter diesen den Ableitern mit glatten Platten. Die Capacität des Ableiters ist nicht ausser Acht zu lassen. Je grösser diese, desto stärkere Elektricitätsmengen sammeln sich auf dem Ableiter und werden, wenn sie sich auf ihm entladen, für die weiteren angeschlossenen Apparate nicht schädlich.

Deshalb empfiehlt es sich eben nicht, kleine Flächen, wie bei Spitzen und Schneiden, sondern grosse, wie bei Platten, zu nehmen. Die Reifelungen sind unzweckmässig, weil durch sie wegen Vergrösserung der Entfernung der in Frage kommenden Metallflächen die Capacität vermindert wird. Allerdings wird die Grösse der Fläche selbst wieder vermehrt, doch überwiegt die eben genannte Verminderung. Ein weiterer Grund für die Ueberlegenheit der glatten Platten ist der Umstand, dass Schmelzbeschädigungen bei ihnen weniger leicht eintreten werden, weil die Entladungsstelle eine grössere Fläche einnimmt.

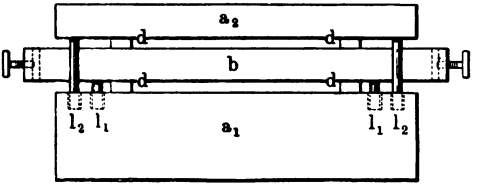
Vortheilhaft wird man die Erdplatte nicht nur einer Seite der Linienplatte gegenüberstellen, sondern letztere möglichst allseitig von Erde umgeben, wie das auch in verschiedenen dieser Ableiter geschieht, z. B. Nr. 67, Ableiter Ulbricht und Nr. 69, Ableiter Gattinger. Bei letzterem scheint die Vergrösserung der Capacität auch schon der leitende Gedanke gewesen zu sein. Der ganze Aufbau dieses Ableiters ist nur etwas verwickelt; eine einfachere und leichter aus einander zu nehmende Anordnung dürfte folgende sein (Fig. 123 u. 124).

Die Platte b liegt in der Stromleitung. Dieselbe ruht auf der zur Erde abgeleiteten Platte a_1, von welcher sie durch dünne Unterlagscheiben d getrennt wird. Isolirende Stifte an b, welche in Löcher l

Digitized by Google

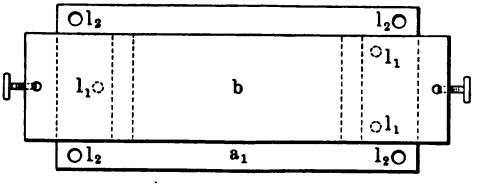
an a_1 eintauchen, sichern die richtige Lage. Eine zweite Erdplatte a_2 liegt auf b, wieder unter Einschaltung von isolirenden Scheiben d. Von a_2 gehen metallene Stifte nach den Löchern l_2 in a_1, durch welche Stifte einmal Verbindung mit a_1 und dann sichere Lagerung von a_2 hergestellt wird. Bei Starkstromleitung sind die Platten den vorhandenen Spannungen gemäss von einander entfernt zu nehmen und ausserdem mit isolirenden Handgriffen zu versehen, um sie von einander abnehmen

Fig. 123.



und nachsehen zu können. Ausserdem ist entsprechend der Forderung von Görges jedenfalls ein Umschalter anzuordnen, welcher die Platte b ausschaltet und dafür einen anderen metallischen Schluss einschaltet.

Fig. 124.



Auf eine einfachere und wohl billigere Weise scheint ein solcher Ableiter nach Art der in Fig. 119 und 120 dargestellten an den Saunder'schen Ableiter sich anschliessenden Anordnung herzustellen zu sein (Fig. 125 und 126). Der vertical absteigend gedachte Leitungs-

Fig. 125.

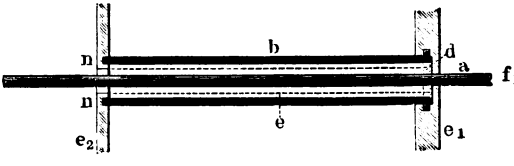
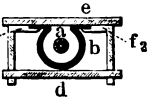


Fig. 126.



draht a ist vor der Verbindung mit den Umschaltern auf 0,5 m von der Isolirung befreit und vertical vor einem Grundbrett A ausgespannt. Zwei Erdschienen e_1 und e_2 sind hinter dem Draht a durch eine schmale Metallleiste e verbunden. Eine dünne Metallröhre b mit einem Schlitz von der Dicke des Leitungsdrahtes a wird über den Draht a gesteckt, ruht unten in einer Nuth, welche sich in der Erdschiene e_2 befindet, und wird am oberen Ende durch Eindrücken in zwei kleine Leisten $f_1 f_2$

Digitized by Google

an der oberen Erdschiene e_1 und durch den umzuschlagenden Bügel d gehalten. Auf diese Weise lässt sich behufs Revision das Ganze sehr leicht aus einander nehmen. Diese Röhrenanordnung aber bietet bei der Länge von 0,5 m eine verhältnissmässig grosse Oberfläche. Die Entfernung zwischen b und a kann, da das Ganze sich im Zimmer befindet, bis auf 1 mm vermindert werden. Die Verbindungsplatte e verschliesst den Schlitz in b.

Nach einem Gewitter wird man, um auf eventuellen Erdschluss zu untersuchen, nur unter Einschaltung eines kleinen Taschengalvanoskops mit einem an eine Batterie, deren einer Pol an Erde liegt, angeschlossenen Draht längs der blanken Stellen von a entlang zu fahren haben, nachdem durch Schalter die Liniendrähte von etwaiger Erdverbindung abgeschaltet sind.

Für viele Leitungen können eine grosse Zahl solcher Erdrohre b neben einander angeordnet werden.

Zweckmässig ist als Material für die mit Erde verbundenen Platten oder Röhren b Kohle zu nehmen.

Auch an den einzelnen Theilnehmerstellen für Telephonstellen wird man den Hauptblitzableiter als Plattenblitzableiter auszubilden haben; da hier eine Anordnung nach Fig. 123 und 124 nicht zulässig ist, würde etwa die nach Fig. 121 und 122 zu nehmen sein mit kleineren Kohleplatten. Es könnten indessen auch an der Rückwand des Gehäuses, in welchem sich das Mikrophon befindet, Platten aus unverbrennlichem Material, etwa Asbestpappe, eingeschoben werden, die mit Stanniol beklebt sind. Eine dieser Platten liegt in der Leitung, die zweite hat Erdschluss.

Nach Früherem werden solche auf Funkenbildung beruhende Ableiter aber nicht ganz zum Schutz von Telephonstellen genügen. Es wird daher noch eine Schmelzvorrichtung nothwendig sein; nach dem Obigen St. 109 erscheint Anordnung Nr. 86 als die einfachste.

Die Verstärkung der Wirkung der Blitzableiter durch Inductionsspulen nach Theil zwei, Capitel fünf ist theoretisch gewiss richtig. Nur erscheint bei Schwachstrom die durch Anwendung besonderer Inductionsspulen bedingte Verwickelung im Aufbau nicht nöthig, weil hier schon an und für sich in den Apparaten hinreichende Selbstinduction vorhanden ist.

Nur für die Uebergangsstellung von oberirdischer zu Kabelleitung dürfte eine solche Anordnung z. B. nach Nr. 100 zweckmässig sein.

Von grossem Nutzen ist die Einschliessung der empfindlichen Apparate und Ueberführungsstellen in metallene, zur Erde abgeleitete Gehäuse insbesondere für die Kabeltelegraphie.

Digitized by Google

Vierundzwanzigstes Capitel.

Die Einrichtungen für Starkstromanlagen.

Für Starkstromanlagen ist die Einschaltung von schützender Inductionsspule nach dem zweiten Theile immer zu empfehlen.

Bei Maschinenanlagen sollte man stets solche Spulen von wenigen Windungen (20 etwa), die nicht zu nahe an einander liegen, damit die Entladung nicht direct von einem zum anderen Ende geht, vorschalten. Die Einwirkung von so wenigen Windungen auf die Phase des Stromes wird keine erhebliche sein und kann durch eine zweite Spule ausgeglichen werden.

Von den vielen besonderen Spulenschaltungen, welche z. B. Elihu Thomson angegeben hat, erscheint nur die unter Nr. 99 angegebene zweckmässig, wenn dieselbe in der Praxis nicht zu complicirt wird. Da diese Spulen im Nebenschluss zum Blitzableiter liegen, so können sie die Wirksamkeit des letzteren nur unterstützen. Der beabsichtigte Eintritt des Ausgleiches in den Ladungen der einzelnen Maschinentheile ist nicht ausgeschlossen. — Dagegen ist die Anordnung Nr. 98 nicht zweckmässig, wie auch Zielinski und Görges betonen, weil auch in dem Nebenschluss des Blitzableiters starke Selbstinduction vorhanden ist.

Die Gefahr eines Kurzschlussfunkens scheint am einfachsten durch die Ableiter mit Nebenschluss von hohem Widerstande aus dem sechsten Capitel vermieden zu werden, bei denen Bildung eines Funkens überhaupt ausgeschlossen ist. Der Tankableiter Wurts (Nr. 104) ist von allen angegebenen der einfachste und zweckmässigste, weil der Nachtheil, welcher in der Verzögerung der Entladung durch die Grösse des Widerstandes liegt (vergl. Versuche von Töpler und Acheson), durch die Anordnung vieler Schutzinductionsspulen wieder ausgeglichen wird. Indessen ist es doch sehr fraglich, ob dieser Ableiter für alle Arten von Starkstrom verwendbar ist, ohne zu viel an Energie einzubüssen (vergl. Bemerkung von Kallmann, St. 103).

Wurts selber hat sich auch veranlasst gefühlt, andere Arten von Starkstromschutz zu ersinnen. Das meiste Interesse erweckt unter diesen Wurts'schen Ableitern der in die Classe 9 fallende Nr. 120 u. ff. Alle Ableiter dieses Capitels haben den Vorzug, dass keine beweglichen Theile vorhanden und dass der Ableiter ziemlich compendiös ist, auch scheint für einen Theil derselben die im Vorigen hervorgehobene Capacität verhältnissmässig gross.

Es haben sich in der Praxis auch mehrere dieser Ableiter an verschiedenen Stellen bewährt, jedoch sind sie nach St. 82 insofern nicht

Digitized by Google

zuverlässig, als diese Ableiter bei einem Blitzschlag zwar selbst nicht verletzt sind, aber die Blitzentladung von zu schützenden Stellen nicht abgewendet haben.

Nur bei dem Ableiter von Wurts ist für Wechselstrom ein solches Versagen nicht bekannt geworden, so dass für diesen besonderen Fall der Ableiter wegen seiner einfachen, wenig Raum beanspruchenden Form wohl zu empfehlen ist.

Ueber den noch einfacheren Ableiter Schuckert (Nr. 52) liegen Erfahrungen noch nicht vor. Er dürfte sich wegen geringer Capacität als alleiniger Ableiter wohl nicht ausreichend zeigen, doch kann er wegen der grossen Zertheilung des Funkens in Verbindung mit anderen Ableitern als Theil des zur Erde führenden Stranges gute Dienste leisten (s. St. 107).

Die Einrichtungen im achten Capitel erscheinen alle untauglich. Die vorgesehenen besonderen Batterien können nie constant gehalten werden, nehmen viel Platz weg, kosten viel und sind in der Wirkung unsicher.

Aus den Anordnungen im siebenten Capitel ist wieder nur die von Wurts (Nr. 112) und eine entsprechende von Siemens (Nr. 113) beachtenswerth. Die anderen verbieten sich, weil das Oel beim Durchschlagen der Blitzentladung zersetzt wird; andere Stoffe, wie Sand, schmelzen, wenn sie nicht fortgescheudert werden und bilden so Luftcanäle. Die Ableiter 112 und 113 dürften indessen allein auch nicht genügen, weil sie die ankommende Ladung wegen geringer Capacität nicht ganz abführen. Das ihnen zu Grunde liegende Princip liesse sich jedoch bei anderen Ableitern, z. B. dem erwähnten Schuckert'schen (Nr. 52), verwenden, um durch Bedeckung der Platte mit Untertheilungen eine Erhöhung des Schutzes vor dauernden Kurzschlussfunken zu erzielen.

Was die speciell zum Schutze der elektrischen Maschinen bestimmten Einrichtungen im zehnten Capitel betrifft, so werden dieselben, falls sie in Wirkung treten, gewiss ordnungsmässig functioniren. Es bleibt aber die Frage, ob der Blitzschlag gerade in dem Augenblicke erfolgt, in welchem sich die Entladungsplatten gegenüberstehen. Einen zuverlässigen Schutz können daher diese Ableiter nicht gewähren.

Im elften Capitel (mechanische Abreisswirkung durch Elektromagneten) ist eine grosse Zahl in der Praxis gewiss gleichwerthiger Einrichtungen angegeben, die sich nur durch kleine Constructionsdetails unterscheiden. Nur muss immer darauf gesehen werden, dass der wirksame Elektromagnet einen inductionslosen Nebenschluss hat. Vorrichtungen aus dieser Classe werden auch in Verbindung mit den Plattenblitzableitern zu benutzen sein, indem von der Erdplatte eine Leitung über einen solchen Elektromagneten mit einer zweiten einzuschaltenden Funkenstrecke zur Erde führt. Als zweckmässig erscheint

Digitized by Google

die Anordnung nach Cheney (Nr. 133), wobei durch eine verhältnissmässig geringe magnetische Wirkung doch eine starke Funkenverlängerung erzielt wird. Ein Gewicht, dessen Sperrung beim Functioniren des Magneten ausgelöst wird, schlägt einen Contactarm im Kreise herum; es fängt sich wieder, sobald der Magnet aufhört, zu wirken. Diese Anordnung kann zugleich dem beaufsichtigenden Personal zeigen, ob der Ableiter in Thätigkeit getreten ist.

Die Anordnungen des zwölften Capitels (Schmelzung fester Körper) sind in erster Linie wohl alle zur Abhaltung unvermuthet starker Ströme, die von Maschinen herrühren, bestimmt. Vielfach ist aber ausdrücklich als Zweck auch die Verhütung der störenden Wirkung eines Blitzschlages angegeben. Indessen dürfte es nicht rathsam sein, sich auf diese Sicherungen für den Blitzschlag allein zu verlassen aus dem schon St. 108 für Schwachstromanlagen angegebenen Grunde. Erschwerend ist bei den meisten dieser Ableiter auch der Umstand, dass bei jedem Blitzschlage eine Erneuerung nöthig wird. Zum Abreissen des Funkens können solche Sicherungen zwar mit Vortheil in die Ableitung zur Erde verlegt werden, jedoch bleibt dann der Nachtheil, dass für einen zweiten Blitzschlag die Erdverbindung gestört ist.

Die verschiedenen, auf Luftzug beruhenden Ableiter (dreizehntes Capitel) erscheinen auf die Dauer nicht sicher genug, wenn sie überhaupt so wirken, dass der Funke nicht fortwährend wieder entzündet wird (s. St. 105). Das Hinausschleudern der Kohlen, z. B. nach dem Ableiter Wurts (Nr. 170), muss mit der Zeit eine Lockerung der Achsen, um welche sich die Kohlen drehen, hervorrufen, so dass die Kohlen nicht mehr sicher in die engen Oeffnungen zurückfallen.

Jedoch könnte, wie schon St. 106 erwähnt wurde, ein solcher Luftzug mit Nutzen zum Abreissen des Funkens verwendet werden, wenn letzterer in einem engen cylindrischen, beiderseits offenen Raume entsteht. So würde sich die auf St. 107 angegebene Einrichtung direct auf Starkstrom anwenden lassen, weil sich voraussichtlich der Kurzschluss in dem Raume zwischen Leitungsstrang *a* und *b* nicht festsetzen kann, sondern entsprechend den Erfahrungen an den Ableitern aus diesem und aus dem fünfzehnten Capitel aus diesem Raume herausgeblasen wird. Sollten Versuche zeigen, dass ein solches Ausblasen nicht sicher erfolgt, so müsste entsprechend St. 106 eine elektromotorische Abreissvorrichtung oder die nach Nr. 52 in die Leitung zwischen äussere Cylinder und Erde eingeschaltet werden.

Höchst interessant ist der Ableiter Elihu Thomson (vierzehntes Capitel) mit magnetischer Ausblasevorrichtung. Indessen tritt dessen praktische Bedeutung hinter der der vorher empfohlenen zurück. Zunächst versagt dieser Ableiter nach den St. 101 angeführten Versuchen für höhere Spannungen; sodann ist sein ganzer Aufbau complicirter, die Elektromagnete müssen stärker sein, wie die, welche nur einen

Digitized by Google

Anker anzuziehen haben. Daher verbrauchen dieselben mehr Eisen, mehr Draht, mehr Raum, sind in Folge dessen auch kostspieliger.

Die Zweckmässigkeit der Ableiter nach dem fünfzehnten Capitel, insbesondere des Ableiters Siemens (Nr. 179), der nicht allein bei der Zuleitung, sondern auch an den Erzeugungs- und Verbrauchsstellen der elektrischen Energie Benutzung finden kann, wurde schon St. 106 hervorgehoben.

Digitized by Google

NAMENVERZEICHNISS.

A.

Acheson, Versuche über Blitzableiter 89.
Ahearn, Ableiter 109.
—, Elektromagnetische Unterbrecher 12.
Allgemeine Elektricitätsgesellschaft, Beobachtungen an Blitzableitern 82.
Ayrton, Ueber Blitzableiter 87.

B.

Bacon, Blitzableiter mit Funkenabreissen 59.
Bain, Ableiter mit Funkenabreissen 61.
—, Nebenschlussableiter 47.
Barrett, Ableiter mit Schmelzsicherung 69.
Belt, Elektromagnetischer Unterbrecher 12.
Bennett, Blitzableiter 37.
Bertsch, Spitzenblitzableiter 19.
Blathy, Ableiter mit Schmelzdrähten 63.
—, Versuche mit Schmelzdrahtsicherungen 101.
Bose, Schmelzsicherung 7.
Bréguet, Spitzenblitzableiter 19.
—, Schmelzdrähte 6,
Bright, Ch., Schmelzsicherung 9.
Brown, Ableiter 67.
—, Sandableiter 48.
—, Boveri u. Co., Säulenblitzableiter 51.
Buchner, Blitzableiter 30.
—, Ursache der Erdschlüsse 82.

C.

Carleton, F. L., Schmelzsicherung 10.
Carty, Ableiter mit Nebenschluss 39.
Cheney, Blitzableiter mit Funkenabreissen 57.
—, Ableiter 114.
Chinnok, C. E., Tankblitzableiter 47.
Clark, Latimer, Spitzenableiter 18.
O'Connell, Explosionsableiter 66.
—, Schmelzsicherung 65.
Cooper, W., Ableiter 65.
Crandall, Elektromagnetischer Unterbrecher 11.
Culgan, J. P., Elektrostatischer Unterbrecher 14.
Czeija u. Nissl, Schaltapparat 5.

D.

Dänischer Ableiter 24.
Depuy, Elektromagnetischer Unterbrecher 11.
Dickerson, Ableiter 48.

E.

Easton, Elektromagnetischer Unterbrecher 11.
Edison, Säulenblitzableiter 51.
—, Blitzableiter 30.
Engelmann, Handschalter 6.
Englischer Blitzableiter 24.
Evrard, Blitzschläge in Belgien 74.

F.

Fardley, Schmelzdrähte 6.
Ferrer y Gandayer, Elektromagnetischer Unterbrecher 13.
Fessenden, Ableiter 65.
Field, Ableiter 65.
Französischer Blitzableiter 24 u. 31.
Freeman, Schmelzsicherung 10.
—, Elektromagnetischer Unterbrecher 13.

G.

Ganz u. Co., Hörnerblitzableiter 73.
Garton, Magnetisches Abreissen des Funkens 56.
Gattinger, Plattenblitzableiter 29.
—, Ableiter 110.

Digitized by Google

Gibbony, Nebenschlussableiter 47.
Giesecke, O., Flüssigkeitssicherung 65.
Görges, Beschädigung durch Blitzschlag 78.
—, Anforderungen an Blitzableiter 102.
Gott, Beschädigung durch Blitzschlag 79.
Guillemin, Versuche über Blitzableiter 87.

H.

Häffner s. Voigt 51.
Hall, Plattenblitzableiter 24.
Hamond, Schmelzsicherung 9.
Haselwander, T. A., Ableiter 66.
Hess, Schmelzung von Blitzableiterspitzen 89.
Hodger, Schmelzsicherung 7.
Hörnerblitzableiter 71.
Holcomber, Blitzableiter mit elektromotorischer Gegenkraft 49.
Horen, Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 66.

I.

Iró, Del', Blitzschlag 77.

J.

Jamieson, Cylinderblitzableiter 30.
Johnson, S. G., Elektromagnetische Unterbrecher 11.

K.

Kallmann, Ueber Wurts' Tankableiter 103.
—, Kupfer als Drahtmaterial 103.
Kerckhoff, Blitzableiter 31.
Kiehholtz, Blitzableiter mit Funkenabreissen 58.
Kleystone, Ableiter 69.
Kohlfürst, Spitzenblitzableiter 16.

L.

Lagarde's Versuche 91 u. 97.
Law, Blitzableiter 55.
Lemp, H., Blitzableiter mit Funkenabreissen 57.
Lodge, Oliver Beschädigung durch Blitzschlag 79.
— —, Kabelhäuser 40.
Lodge, Oliver, Selbstinductionsableiter 41.
— —, Untersuchung über Blitzableiter 85 u. 87.
— —, Ableiter mit Schmelzsicherung 63 u. 64.
Lyman, A. B., Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 61.

M.

Maiche, Blitzableiter 32.
Mannsfield, P., Schmelzsicherung 11.
Mar, Ableiter mit Schmelzsicherung 64.
Marx, Schmelzsicherung 8.
Massin, S., Versuche über Blitzableiter 94 u. 97.
Matzenauer, Plattenblitzableiter 27.
Maxwell, Elektromagnetischer Unterbrecher 63.
Meissner, Spitzenblitzableiter 20.
Menz, Versuche über Blitzabeiter 88.
Moncel, Du, Ueber Blitzableiter 87.
Montigny, Beschädigungen durch Blitzschlag 76.
Mühlendorff, Säulenblitzableiter 51.
Muirhead, Beschädigung durch Blitzschlag 79.
Müller, Plattenblitzableiter 25.
Müller, E. G., Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 66.

N.

Naglo, Beobachtungen an Blitzableitern 82.
Neesen, Linienableiter 106.
—, Plattenableiter 111.
Nissl, s. Czeija 5.
Norwegischer Blitzableiter 23.
Nuis, van, Schmelzsicherung 10.
— —, Ableiter mit Funkenabreisser 61.

O.

Oberbeck, Versuche über Entladungspotentiale 88.
Oppenheimer, Stangenblitzableiter 19.
Osborne, Blitzableiter mit elektromotorischen Gegenkräften 50.

P.

Plattenblitzableiter 20.
Polaschek, Schneidenblitzableiter 20.
Potte, W. R., Elektromagnetische Ausblasevorrichtung 71.

Digitized by Google

Precht, Versuche über Entladungspotentiale 88.
Preece's Versuche 97 u. 98.
—, Ueber Blitzableiter 87.
—, Versuche über Glühen von Drähten 88.

Q.

Quarz, Ableiter 67.

R.

Razzle Dazzle, Ableiter 66 u. 105.
Reid, Elektromagnetischer Unterbrecher 11.
—, Schmelzdrähte 6.
Rie, Selbstinductionsableiter 42.
Rish, Elektromagnetischer Unterbrecher 11.
Ruddi, Nebenschlussableiter 47.
Rymer, Jones J., Elektrostatischer Unterbrecher 13.
Rysselberghe, Blitzableiter 24.
—, Versuche 27 u. 98.
— — über Blitzableiter 90.

S.

Sacré, Spitzenblitzableiter 19.
Sanford, Elektromagnetischer Unterbrecher 12.
Saunders, Ueber Blitzableiter 86.
—, Ableiter 106.
—, Blitzableiter 37.
Schuckert, Ableiter 113.
—, Blitzableiter mit untertheilten Funkenstrecken 50.
—, Blitzableiter 20.
Schweizer, Blitzableiter 25.
Scott, Ableiter 67.
— u. Wurts, Alex., Blitzableiter mit mechanischem Funkenabreissen 54.
Seubel, Ableiter mit Schmelzdraht 63.
Siemens und Halske, Erfahrungen an Blitzableitern 83.
— — —, Versuche über Entladungspotentiale 88.
— — —, Blitzableiter mit Schmelzsicherungen 62 u. 64.
— — —, Drahtblitzableiter 72.
— — —, Plattenblitzableiter 23.
— — —, Blitzsicherung 49.
— — —, Blitzableiter mit Funkenabreissen 56.
— — —, Versuche mit Blitzableitern 100, 101.
Siemens, Oelableiter 48.
—, Plattenblitzableiter 21.
—, Blitzableiter mit luftverdünntem Raum 38.
—, Ableiter 105, 106, 114.
Spalding, Blitzableiter 32.
Sperry, Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 59.
Spittle, Elektromagnetischer Unterbrecher 17.
Steffen, Ueber Blitzableiter 87.
Steinheil, Blitzableiter 14.
Steinmetz, Periode der Blitzschwingungen 2.
Stuttgarter, Schmelzsicherung 7.
Süss, Blitzableiter 25.

T.

Thomson, W., Ueber Blitzableiter 86.
—, Elihu, Elektromagnetische Ausblasevorrichtung 69 u. 71.
— —, Versuche über Blitzableiter 96.
— —, Säulenblitzableiter 51.
— —, Ableiter 115.
— —, Selbstinductionsableiter 42.
— —, Wirkung des Blitzableiters 82.
— —, Ableiter mit Widerstand im Nebenschluss 38.
— —, Magnetisches Abreissen des Funkens 56.
— —, Blitzableiter mit Untertheilung 53.
— —, Blitzableiter mit elektromotorischen Gegenkräften 49 u. 50.
— —, Blitzableiter mit Funkenabreissen 58 u. 59.
Tiedemann, Ableiter 67.
Töpler, Untersuchung über Blitzableiter 84.
Treux, Ableiter 67.
Turbaye, Blitzableiter mit Funkenabreissen 56.

U.

Ulbricht, Kohlenblitzableiter 28.
—, Ableiter 110.
—, Versuche über Blitzableiter 94.
Union-Gesellschaft. Erfahrungen an Blitzableitern 82.

V.

Vaes, J. E., Spitzenblitzableiter 18.
—, Ableiter 67.
Varley, Blitzableiter 38.
Voigt u. Häffner, Säulenblitzableiter 51.

Digitized by Google

W.

Wand, R. Emmet, Ableiter mit Schmelzdrähten 62.
Wason, C. W., Schmelzsicherung 11.
Waterhouse, Schaltung der Blitzableiter 46.
Weber, Inducirte Ströme bei Leitungen 103.
Wheatley, F. W., Schmelzsicherung 8.
—, Ableiter 65.
White, Telephonblitzableiter 29.
Wightmann, Plattenblitzableiter 22.
Wilke, Spitzenblitzableiter 19.
Wilson, Schmelzsicherung 9.
Winsor u. Wurts, Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 60.
— — —, Ableiter 67.
Wirt, Säulenblitzableiter 51 u. 52.
Wood, Spitzenblitzableiter 18.
—, G., Ableiter mit elektromagnetischem Funkenabreissen 59.
Wotton, Schmelzsicherung 8.
Wurdack, Magnetisches Abreissen des Funkens 56.
Wurts, s. Winsor 67.
—, Blitzableiter mit mechanischem Funkenabreissen 54.
—, Rotirender Schalter 6.
—, s. Scott 54.
—, Versuche über Blitzableiter 94, 99 u. 100.
—, Wirkung des Blitzableiters 82.
—, Ableiter 67, 113, 114, 115.
—, Nebenschluss-(Tank-)ableiter 46.
—, Schaltung der Blitzableiter 46.
—, Ableiter mit engen Räumen 48.
—, Säulenblitzableiter 52.
—, Blitzableiter 49.
—, Blitzableiter mit Funkenstrecken 53.

Z.

Zielinski's Versuche 97.
— — über Blitzableiter 92.

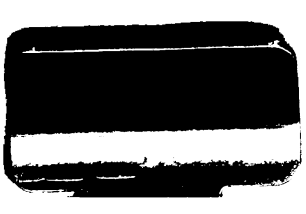
Digitized by Google

Digitized by Google

89081503310

B89081503310A

Digitized by Google



Digitized by Google

89081503310

b89081503310a

Digitized by Google